لواحق المقتطف الشهرية

يوليو ١٩٤٦

فلسفة التفاحة

او

جاذبية نيوتن

Newton's Gravitation.

بقلم

نقولا الحداد

الثمن ١٠ قروش صاغ

مطبعة المقتطف والمقطم

١٩٤٦

فهرست الكتاب

صفحة

اصلاح اخطاء

نرجو من القارىء ان يصلحها بقلمه

صفحة	سطر	خطاء	صواب
١	١١	احدى	أحدث
٥	١٤	قرأت	قُـرِئت
٥	٢٣	استنبطها	استنبطه
٩	٩	اكتشاف	اكتشف
١٣	٩	لما	كما
١٦	١٤	Secior	Fector
١٧	٥	$\frac{٢٠}{١٩}$	$\frac{٢٠}{١٦}$
٢٠	١٠	سُلّ	سـل
٢٠	١٥	٦٥و٢٤	٦٥،٢٤
٢٠	١٩	الدورات	الدوران
٢٦	٣	المنحدرة	المنحدر
٣٠	٧	عن الآخر	عنه
٣٢	٢٣	تنحل	تنحل الى
٣٦	١٨	منها	عنها
٤٣	٦	لتحصيل	لتحليل
٤٥	١١	$(١٠)^{٧٩}$ الخ	$١٨٤ \times (١٠)^{٥} \times (١٠)^{٧٩}$
٥١	٢١	Symetry	Symmetry

مقدمة

هذا كتابٌ في موضوع علمي خاص — جاذبية نيوتن الفيلسوف الطبيعي العظيم الذي يعد في قمة علوم الطبيعة منذ القديم الى اليوم. وقد كُتب بأسلوب بسيط جدًّا سهل الدراسة يفهمه العامة المتعلمون تعليماً بسيطاً. ويجد فيه الخاصة بحثاً وافياً في سنَّة الجاذبية من جميع نواحيها، وكشفاً لأعمق أسرارها وحلاًّ لجميع ألغازها. وقد اُفتُتح بسيرة نيوتن نفسه كاشف أسرار الطبيعة وضابط قواعدها ونواميسها.

وقد أضيف الى هذا الكتاب ملحق رياضي لبرهنة القضايا المهمة في الجاذبية لكي يستفيد به فريق القراء الذين لا يستصعبون القضايا الرياضية بل يستلذونها، ولعله يكون حافزاً للقرّاء الذين قلّت معرفتهم الرياضية، أو هم لا يريدون أن يُعنتوا أذهانهم في تفهُّم تلك القضايا، وممارستها

وقد استعنت في تصنيف هذا الكتاب بإحدى المؤلفات العصرية لأساطين العلم ومنهم السير تجايمس تجينز والسير ادينغتون واينشطين وبرتراند رصل وغيرهم، وبمتن الفلك لكبار الفلكيين الاميركيين الأساتذة الثلاثة رصل، ودوغان، وستيورت، الذين نقحوا كتاب الفلك المشهور لسلفهم الفلكي الكبير يونغ، ودائرة المعارف البريطانية.

نقولا الحداد

الفصل الاول

من هو نيوتن

---

١ — ملاحظة التفاحة

روى بمبرتون صديق نيوتن الحميم، وقد وقف على الطبعة الثالثة من كتاب المبادىء لنيوتن :

«كان نيوتن جالساً ذات يوم تحت شجرة تفاح يفكر كعادته حين يكون منفرداً ، فرأى تفاحة سقطت من الشجرة من تلقاء نفسها — لعلها تجاوزت دور النضج — فحوّلت تفكيره الى سبب سقوطها، وقال في نفسه ، ما الذي أسقط هذه التفاحة الى الأرض ».

وكان قد عرف نظرية طيخو براهي عن مسارعة الأجسام الساقطة . فتراءى له ان التفاحة سقطت متسارعة — تراءى له تسارعها على الرغم من ان سقوطها لم يتجاوز ثانيتين وهي مدة لا تكفي لملاحظة المسارعة . فاستطرد يقول لنفسه : وما الذي جعلها تسقط متسارعة . وما هي القوة التي تُهبط الأجسام من أعلى الى أسفل — من الشجرة ومن الجو ومن رأس الجبل ومن البرج الخ . ألا يمكن أن تكون هذه القوة هي نفس القوة التي تفعل بالقمر فيدور حول الارض، بدل أن يندفع في خط مستقيم وفقاً لما نعلمه بالبديهة . ألا يمكن أن تكون هذه القوة في الارض نفسها ، قوة تجذب ما حول مركزها اليه ؟ ألا يمكن أن تكون نفس القوة التي تُحرج السيارات أن تدور من حول الشمس .

وما عتم أن شرع يفكر في سنة طبيعية توجب على الأجسام أن تدور من حول مركز . ولأنه كان رياضيًّا بالفطرة وقد نبغ في الرياضيات منذ حداثته شرع يبحث في خطة هذه القوة . لا بدّ أن يكون ثمت نظام حسابي لهذه القوة تسير فيه على قاعدة واحدة مهما اختلفت الأجسام حجماً وتباعدت مسافة أو تفاوتت زمناً .

الغاية الرئيسية من هذا الكتاب بسط سنّة الجاذبية كما اكتشفها هذا الفيلسوف العظيم نيوتن في جميع ظروفها ومقتضياتها . ولكن البحث في هذه الغاية يستلزم البحث في حياة نيوتن نفسه .

هذه السنة التي برزت من ذلك الدماغ الذي بقيت أليافه تلمع لمعات الذكاء برهة ثلاثة أرباع القرن حتى انهـا أضاءت عالم العلم منذ مولد ذلك الفيلسوف الطبيعي الى اليوم والى الأبد — هذه السنّـة فتحت باب أسرار الطبيعة للعلماء الحديثين فانجلت لهم حقائق عديدة عن الـكون المادي .

منذ عهد نيوتن الى الآن انجلى من أسرار الـكون ما يعادل الف ضعف ممـا استجلى الانسان منها من قبل .

قال أحد المدركين قيمة عمل نيوتن العلمي « كانت نواميس الطبيعة غامضة وفي ليل حالك من الجهل الى أن قال الله : « ليكن نيوتن » . فضاءت المعرفة وأنارت الـكون كله »

قبل البحث في موضوع الجاذبية ينبغي ان نرفع الغطـاء عن مشعال الذكاء الذي كشف القناع عن الجاذبية — ينبغي ان نجمل للقارىء سيرة حيـاة نيوتن الملقب بحق فيلسوف الطبيعة وزعيم فلاسفتها

٢ — نشوؤه

ولد اسحق نيوتن في ٢٥ من ديسمبر سنة ١٦٤٢ في منزل وضيع في وولتروب قرب جرانثام من ولاية لنكشير في انجلند . وقيل انه من نسل السير جون نيوتن . وكان أبوه قد توفي في اكتوبر السابق . وفي سنة ١٦٤٥ تزوجت أمه برنابا سمث قسيس نورث ولهام من ليستشر . وبعد زواجها الثاني عاش اسحق مع جدته مسز اسكوف من وولتروب ايضاً . ولكنها استعادته اليها بعد ترملها الثاني

وكان في اول عمره نحيفاً ضعيف البنية لم تُرْجَ له الحياة، يقال لأنه ولد قبل موعد الولادة ولازم نحو سنتين المدرسة الابتدائية في جرانثام اذ كانت تحت رعاية المستر ستوكس . ومنذ دخل المدرسة بدت عليه مخايل الذكاء . بيد انه لم يتفوَّق بل كان نجاحه قليلاً . ولعلَّ السبب انه كان يلهو بالألعاب وصنع أشياء منها . وقد ورد في كتاب أعلام المقتطف : « قيل انه لم يكن ليلتذ مهتمـّاً بمعاشرة رفاقه التلاميذ وملاعبهم بل كان ينفرد عنهم ويلهو بالألعاب الميكانيكية وتقليد ما يراه منها ، فاصطنع بيده منشاراً وقدوماً ومطرقة وسـائر أدوات الصناعة بحجم صغير يناسبه . وكان يستعملها بحذق غريب . فصنع بها ساعات يديرها الماء المنحدر . فـكانت بغاية الضبط والاتقان .

« وفي ذات يوم أنشأوا في المدرسة مطحنة هوائية كانت لذلك العهد غريبة عجيبة فما زال يدرسها حتى فهمها وصنع مثلها . وزاد عليها أن جعل الطحان فاراً يطحن الدقيق ويأكله » (باختصار) .

وأولع أيضاً بالرسم والتصوير وبنظم الشعر فانصرف عن درسه بهذه الألعاب والفنون الى أن تفوَّق أحد رفاقه عليه في إحدى المنافسات . فأثار الأمر في نفسه حماسة المناظرة وما لبث أن صار رأس فرقته .

وكان يستلذ مراقبة نجوم السماء . فلا بدع أن يُغرق بعدئذٍ في التفكير في الجاذبية التي تربط أجرام السماء .

في الرابعة عشرة من عمره سنة ١٦٥٦ أخرجته أمه من المدرسة لكي يساعدها في الحقل . وهل المخلوق لكي يفلح السماء يطيق أن يفلح الأرض ؟ طبعاً لم ينجح في هذا العمل لأنه كان لاهياً في العمليات الرياضية حين كان يجب أن ينشغل في الزرع والقلع والحرث والعزق . وكانت أمه ترسله الى سوق جرانثهام لكي يبيع غلة الحقل ومعه خادم مسنّ . فكان يحيل أمر البيع في السوق إلى هذا الخادم ويجنح الى الصديق كلارك الصيدلاني حيث يطالع فيما عنده من كتب علمية وكيماوية .

ولما رأى خاله وليم ايسكوف قس بورتون كوكجل والعضو في كلية الثالوث (ترينتي) في جامعة كمبردج ميله الى الرياضيات والعلم نصح لأمه أن ترده الى المدرسة لكي يستعد لجامعة كمبريدج . وكان ذلك ١٦٦٠ وفي سنة ١٦٦١ استتمّ استعداده للدخول في كلية الثالوث . وفي سنة ١٦٦٥ نال شهادة بكلوريوس علوم . وفي سنة ١٦٦٧ أختير معلماً في الكلية المذكورة .

٣ — اكتشافاته الرياضية

وفي سنة ١٦٦٥ اكتشف النظرية الرياضية المسماة « الكميات الثنائية » وهي عبارتان جبريتان تربطهما علامة الايجاب أو علامة السلب . وما لبث أن استنبط الفن الرياضي المسمى « حساب التكامل والتفاضل » Calculus وقد سماه Fluxions وترجم المقتطف الكلمة

« فن السيالة » ولهذا الفن شأنٌ عظيم جداً في العلوم الرياضية النظرية والعملية كالهندسة الميكانيكية وهندسة البناء الخ .

وفي مايو من السنة التالية دخل في الطريقة العكسية لهذا الفن وهي طريقة حساب المنحنيات وأحجام المجسمات . وقال : « وفي تلك السنة ١٦٦٦ جعلتُ أفكر في قوة الجذب (أو في الثقل) الممتدة الى فلك القمر . وأخذت أقابل القوة اللازمة لحفظ القمر في فلكه بالقوة الجاذبية التي على سطح الأرض .كان ذلك في سنتي ١٦٦٥ و ١٦٦٦ .و ذلك أول شبابي »

٤ — اكتشافه سر الالوان

ومنذ ذلك الحين جعل يبحث في البصريات وأسباب الألوان. وفي ١١ من يناير سنة ١٦٧٢ أرسل شرح اختباراته الى الجمعية العلمية الملكية . وفي تلك السنة عينها اختير عضواً في الجمعية مع لقب أستاذ ، وفي الحال شرع يرسل رسائله الى اوكدنبرج كاتب السر في الجمعية لكي تتلى فيها .

ومما كتبه حينئذٍ : « سأبذل جهدي أن أبدي شكري للجمعية بتقديم ما تستطيع مجهوداتي المتواضعة أن تؤثره في ترقية البحث الفلسفي » .

وقرأت نظريته عن النور والألوان في ٨ من فبراير في المجمع العلمي الملكي أي الجمعية المذكورة آنفاً . وأظهرت العمليات التي شرحها أن النور مؤلف من مجموعة من الأشعة مختلفة الانكسار . أي انها إذا مرَّت في موشور (أصبع من بلور مثلث الزوايا) خرجت أشعته ملونة منكسرة على زوايا مختلفة مع الشعاع الأصلي . ومعنى ذلك أن الألوان ليست صفات للنور المنعكس عن الأجسام الطبيعية كما كان يظن ، بل هي خواص أصلية في النور نفسه تختلف باختلاف الأشعة المنكسرة . أي إن اللون ليس في الجسم الذي يعكسه بل في النور نفسه الذي انعكس عليه .واختلاف الألوان يتوقف على اختلاف زوايا الأشعة المنكسرة كما نعلم نحن الآن . ونعلم أن زوايا الانكسار هذه تختلف باختلاف أحوال الموجات الضوئية وذبذباتها . والتي تُحدث في شبكية العين نفس الاختلاف . والدماغ يتصوَّر لكل ضرب من الموجات لوناً خاصّاً أو هو استنبطها

وفي المدة التي كان فيها منشغلاً في هذا البحث وفي تحقيق نظريته عين أستاذاً للرياضيات ،

إذ استقال سلفه الأستاذ بارولكي لكي يحل هو محله . ومن ثمَّ كانت السلسلة الأولى من محاضراته عن البصريات مؤيدة بالمعادلات الرياضية . وهذا ما حمله على الاستمرار في البحث والاختبار التجريبيين بواسطة الموشور المشار إليه الذي اشتراه في معرض ستوبوردج سنة ١٦٦٦ إلى أن بلغ بحثه قمّتَهُ في رسالة إلى الجمعية (أي المجمع العلمي الملكي) سنة ١٦٧٢ حيث قامت قيامة المناقشات الحادة بين العلماء الطبيعيين في هذا الموضوع ، على ان المجمع أثنى عليه باحترام كلي وشكر له بحثه العظيم الشأن وأبلغه ان المجمع عُني به عناية خاصة .

٥ — مناظرة العلماء له

وحاول روبرت هوك مع « وارد » مطران سالسبوري وروبرت بويل أن يتمادوا في البحث تخطئةً لنظرية نيوتن . وهوك في كتابه ميكروجرافيا وصف عملية تجريبية بالموشور . ولكنها لم تعد بتأييد رأيه . وجميع انتقادات هؤلاء الثلاثة انتهت بتأييد رأي نيوتن

وكان في التلسكوب (المقراب) في ذلك الحين عيب لوني . فعانى نيوتن في اصلاح هذا العيب الى حدٍّ ما . وصنع التلسكوب المُصْلَح لاول مرة سنة ١٦٦٨ . ثم صنع تلسكوباً ثانياً وأرسله الى المجمع الملكي في ديسمبر سنة ١٦٧١ .

وتطاول البحث والنقاش في البصريات بينه وبين العلماء سنة ١٦٧٥ وكتب في تلك السنة : « لقد تعبت جدًّا في هذه المباحث التي دارت حول نظريتي في النور حتى أني لمتُ نفسي أخيراً لحمقي في هجر نعمة راحتي لكي أعدو وراء خيال أو ظل » .

على ان هذه المباحث كانت ذات فوائد جمة لأنها أدَّت به الى تحقيق تأثيرات اللون الأخرى ، والى البحث في سبب صدور النور ، والذهاب الى أن النور ذريات تصدر من الجسم المنير وتنطلق في الفضاء الخالي بسرعة فائقة . وقد حسبها حينئذٍ ١٩٠ الف ميل في الثانية وهي الآن بالتحقيق ١٨٦ الف ميل ، فما ضلّ كثيراً على الرغم من فقر عصره بالآلات الفلكية والعلمية .

ثم انه تبسط في أسرار انعكاس النور وانكساره كما هو معلوم الآن في علم الطبيعيات .

وعاد هوك يتصدّى إلى نقده في هذا الموضوع في كتابه ميكروجرافيا ١٦٦٤ اذ استند على نظرية هوجنس Huyghens في أن النور قوة تنتقل بحركة موجية في الاثير المالىء الفضاء . ولكنه لم ينجح في تطبيق هذه النظرية على الانتشار (المتعامد) لكل الجهات والانعكاس

والانكسار الى غير ذلك من خواص النور . ومع ذلك كان نيوتن مضطراً في تعليل هذه الظاهرات إلى فرض ان النور المنتشر ذويرات من الجسم المنير تنطلق متموجة في الايثر .

ومضى زمن بعد نيوتن كان يعتقد فيه العلماء ان النور أمواج ايثرية لا ذرية . ولكن بعض علماء هذا العصر عادوا الى نظرية نيوتن بتنقيح كثير فيها . وقد سمى السير تجايمس تجينز أمواج الذرات النورانية Wavicles وهي نحت من كلمتي Wave-Particle

وكانت عبارة نيوتن الأخيرة في هذا الموضوع سنة ١٦٧٥ « أظن أن النور ليس أيثيراً ولا أمواجاً ايثيرية بل هو شيء آخر ينتشر من الجسم المنير » . ويظن أيضاً «أن النور والأيثير يتفاعلان الواحد مع الآخر »

على أن شهرة نيوتن لا تتوقف على هذا البحث ولا تقف عنده بل على اكتشافات علمية أخرى تخلد اسمه الى الأبد وأهمها « ناموس الجاذبية » .

٦ — قوة الجذب

وفي سنة ١٦٦٦ حين عاد الى وولتروب بسبب انتشار الطاعون في كمبريدج، جعل يفكر في قوة الجذب الممتدة الى فلك القمر الى أن اكتشف ناموسها . ولكن لمَّا لم يصح تطبيق هذا الناموس على القمر الدائر حول الأرض . لم يشأ أن ينشر شيئاً بشأنه مدة طويلة لظنه انه خطأ وأن الفكرة سخيفة .

والغريب أن يظن نيوتن ان لوقوع الجسم على الأرض ودوران القمر حولها ناموساً. أليس غريباً أن يعتقد نيوتن ان القوة التي اجتذبت التفاحة الى الأرض هي نفس القوة التي تدير القمر حول الأرض . عجباً اذن ! لماذا لا يسقط القمر على الأرض كما سقطت التفاحة وكما يسقط كل جرم . وأعجب من ذلك أن يدرك نيوتن هذا السر وهو غريب على الأذهان وبعيد عن الأفهام [1] . وبناءً على فهمه هذا السر عمل حسابه فضل لأن المعلومات التي بني عليها كانت ناقصة كما سيرد بيانه . وكما سيعلم القارىء السر الذي أدركه نيوتن .

في ذلك الحين كان بعض أعضاء المجمع العلمي يخمنون تخمينات مختلفة فيما لاح لنيوتن

---

(١) سترى تفسير ذلك في ٤ و ٥ من الفصل الثاني .

من قبيل قوة الجذب التي تجذب الأجسام نحو المركز والسيارات نحو الشمس والقمر نحو الأرض الخ . وكان منهم رن ، وست وارد مطران لسبوري ، وروبرت بويل ، وهوك ، وهالي ، الى أن التقى هالي بهوك ورن يوم الأربعاء من يناير سنة ١٦٨٤ . فقال رن انه اكتشف البرهان على نواميس الحركات الفلكية . أما هالي فاعترف بجهله . وانبرى حينئذ السير كريستوفور مشجعاً البحث في الموضوع وقال انه يهدي كتاباً بأربعين شلناً لمن يجد حلاً لمسألة دوران السيارات في أفلاكها . وأمهل المشتغلين بها شهرين .

بقيت المسألة بلا حل حتى شهر أوغسطس حين زار هالي نيوتن في كمبريدج وقال له : وصل إليّ انك توفقت الى الحل لهذا السؤال : وهو ان تأثير قوة مركزية على جسم متحرك تختلف كمربع البعد . فكيف ذلك وما البرهان ؟

فوعده نيوتن بأن يبحث عن نسخة البرهان التي أهملها منذ ١٨ سنة لعدم ثقته بصحته. على ان نيوتن لم يجد النسخة فأعاد كتابة البرهان من جديد وأرسله الى هالي في نوفمبر من تلك السنة . وعاد هالي الى كمبريدج وألحّ على نيوتن أن يقدم البرهان للمجمع .

وفي العاشر من ديسمبر سنة ١٦٨٤ أبلغ هالي الى المجمع ان نيوتن أراه رسالة مستغربة وانه ألحّ عليه أن يرسلها الى المجمع لكي تسجل فيه . فأرسلها نيوتن . وسُجِّلت بالفعل في فبراير سنة ١٦٨٥ وعلى حاشيتها تاريخ صدورها في ١٠ ديسمبر سنة ١٦٨٤

ولكن في أوائل سنة ١٦٨٥ أدّت حساباته بهذا الشأن الى اعتبار ان كلاً من الشمس والسيارات كأنها نقط متجمعة في مراكزها أي ان الجرم كله كتله مضغوطة في مركزه ، وفي هذا المركز مقرّ القوة الفاعلة . ولكن أحقيق هذا ؟ أم ان الجرم مهما كان كبيراً أو صغيراً يعتبر كله مركزاً إذا قورن بالمسافة السحيقة بينه وبين الجرم الآخر ؟ . وما هي هذه القوة التي تستطيع بها الشمس مثلاً أن تجتذب جرماً خارجاً عنها .

ومن ثمت جعل نيوتن يحسب حساباته على فرض ان كل ذرة في الشمس تجذب كل ذرّة في الجسم الآخر البعيد عنها بقوة مناسبة لحاصل ذرّات هذا مضروبة بذرّات ذاك وبنسبة مربع البعد بينهما .

ولما خرج نيوتن بناموس الجاذبية نتيجة لحساباته سنة ١٦٦٥ رأى ان دوران القمر

أسهل نموذج لاختبار صحة الناموس . فحسب حسابه على اعتبار أن القمر يبعد عن الأرض نحو ٦٠ مرّة طول نصف قطر الأرض . فكانت النتيجة خطأً . وبعد مدة من الزمن ظهر ان قطر الارض أطول مما كان يظن . فعمل حسابه على اعتبار الطول الجديد فصحّ وثبتت السنة التي اكتشفها .

(وسيأتي شرح ذلك فيما بعد في الملحق الثالث القسم الثالث)

وبعد ذلك تجرّأ نيوتن أن يعلن ناموسه وأن يجاهر به بثقة عظيمة ثم طبّقه على جميع دورانات السيارات . ثم صار يطبقه على كل حركة فلكية وكونية مهما كانت عظيمة وشاسعة وبعيدة أو صغيرة أو كبيرة .

وبواسطة قانون الجاذبية اكتشاف تسطيح الارض عند قطبيها . وسبب تغير الثقل بتغير الارتفاع عن سطح الارض . وبها فسّر مبادرة الاعتدالين وصير المد والجزر . وقال بامكان معرفة حجم السيارات بواسطة معرفة جذبها بعضها لبعض واضطراب حركاتها . وتعليل تقدم نقطة الرأس في الفلك الأهليليجي الى غير ذلك من الحركات الفلكية .

الناموس الطبيعي لا ينقض بوجه من الوجوه . هو أساس النظام الثابت .

٧ — فلسفة المبادىء الطبيعية

عاد نيوتن بعد ذلك الى كمبردج وشرع يؤلف كتابه المشهور العظيم الشأن « المبادىء » Principia سنة ١٦٨٦ وقد سماه فلسفة المبادىء الطبيعية الرياضية Philosophae Naturalis Principia Mathimatic وأتمه في ثلاثة مجلدات وطبعت في ١٦٨٧ .

وكانت الجمعية (أي المجمع العلمي) في ذلك الحين فقيرة فأخذ هالي نفقات الطبع على عهدته . وكان يزيل كل ما يستطيع من الصعوبات من امام نيوتن لكي يتم هذا العمل العظيم . وما عتمت هذه المؤلفات الثلاثة النفيسة ان انتشرت في كل اوربا . ونشرت معها شهرة عظيمة له . وبقيت المرجع العظيم الشأن لعلماء العصر الى اليوم . ومعظم نظريات علم الاكوان والافلاك تستند الى المبادىء التي قررها نيوتن .

٨ — مرضه وتفوقه الرياضي

في سنة ١٦٨٩ انتخب نيوتن عضواً في الجامعة ثم انتخب ثانيةً في سنة ١٧٠١ وفي سنة ١٦٩٠ عاد الى كمبردج واستمرَّ في مباحثه الرياضية ، وما عتم أن انتابه داء الأرق بين سنتي ١٦٩٢ و ١٦٩٤ . وقيل انه أصيب باضطراب عصبي حتى باختلال عقلي أيضاً

وحينئذٍ كتب هيفن الى بستر : « لا أدري ان كنت قد علمت بما حدث للفاضل المستر نيوتن . وهو انه أصيب بالتهاب دماغي دام ١٨ شهراً . وقيل ان أصدقاءه عالجوه بأدوية مختلفة . وحجزوه ومنعوه من الخروج » .

وقد حاول أصدقاؤه مرة أن يردوه الى عمله في سنة ١٦٩٥ ومنهم رن وصديقه تشارلس مونتاجو ولورد هاليفاكس الذي كان سابقاً أستاذاً في كلية الترينتي، ثم وزيراً للمالية بعد ذلك. وعرضوا عليه وظيفة مراقب مصلحة سك النقود. فقبل الوظيفة وبقي أستاذاً في كمبردج . وبعد ٤ سنين صار مدير المصلحة . وفي تلك السنة انتخب واحداً من الثمانية الأجانب لعضوية الأكاديمية الفرنساوية في الفرع العلمي .

في سنة ١٦٩٦ نشر جون برنولي الرياضي السويسري رسالة على رياضيي أوربا يقترح فيها عليهم حل قضيتين رياضيتين، وأمهلهم ستة أشهر. وفي ٢٩ من يناير ورد لنيوتن في فرنسا نسختان مطبوعتان من هذه الرسالة . وفي اليوم التالي أرسل نيوتن حلهما الى مونتاجو الذي كان حينئذٍ رئيس المجمع العلمي الملكي . فأرسل الحلاَّن بلا توقيع الى برنولي ، ولكن برنولي لما اطلع على الحلين وهما بلا توقيع قال : « عرفته كما يعرف الأسد بجبروته . هو نيوتن » .

وقضى لبنتز المنافس لنيوتن في الرياضيات ستة شهور يفكر في المسألتين ولم يوفق الى حلهما .

وفي سنة ١٧٠١ استقال نيوتن من الأستاذية في الترينتي (كلية الثالوث) وانتقل الى لندن وبقي قائماً بواجباته كأستاذ ذي انتاج ممتاز الى أن توفي سنة ١٧٢٧

وكان في سنيه الأخيرة ذا مقام عظيم يذكر له . ففي سنة ١٧٠٣ كان رئيساً للمجمع العلمي الملكي . وبقي ينتخب لهذا المنصب كل سنة الى آخر حياته .

٩ — مقامه

زارت الملكة حنة كمبردج سنة ١٧٠٥ ونزلت ضيفاً على الدكتور بنتلي رئيس كلية الثالوث وهناك منحت نيوتن وسام فارس ولقب سير .

وفي ذلك الحين ابتدأ النقاش بينه وبين لبنتز بشأن حساب التكامل والتفاضل . وقد نشرت إحدى المجلات مقالاً بلا امضاء يزعم فيه كاتبه ان نيوتن اقتبس فكرة فن السيالة Fluxion من لبنتز . ولكن من يصدق ان ذلك الدماغ العظيم تتدنى نفسه الى اقتباس نظرية رياضية من غيره وهو رب الرياضيات .

واستمرت المناقشة بينه وبين لبنتز سنتين الى أن مات لبنتز سنة ١٧١٦ ولكنها استمرت بين الرياضيين الآخرين نحو قرن .

ومات نيوتن بعلة الحصاة في ٨ مارس من سنة ١٧٢٧ ودفن باحتفال عظيم يليق بعظيم مثله في دير وستمنستر .

١٠ — نبوغه

لم يقتصر نبوغ هذا العبقري العظيم على ضرب واحد من ضروب العلوم والمعارف ، بل شملها جميعاً . كان رياضيًّا بالفطرة . لم يسبقه أحد في إدراك الرياضيات العليا كأنها صحبة في عقله ، فلا يُعنت فكره في فهم قضاياها، فكان اذا رأى شكل قضية هندسية واطلع على نص القضية يفهم البرهان من غير أن يدرسه أو يطلع عليه ، واستنباطه لحساب التفاضل والتمام الذي تحل به معضلات العمليات الرياضية يدل على ان عقله كان من درجة أسمى من مستوى عقل البشر . وله مصنفات في الجبر والمعادلات وفي الهندسة .

كان أيضاً عالماً كيماويًّا . وله في الكيمياء كتاب بحسب ماكان علم الكيمياء في عصره وربما توفق لزيادة على ما كان .

وأما في العلوم الطبيعية فباحثه في النور وفي نواميس القوة والحركة كما هي محصية في كتابه « المبادىء » لا تزل الى اليوم مستند أهل العلم الطبيعي . وله مصنفات في الفلك والنظام الشمسي .

ومع كل دراساته العلمية التي أحاطت بكل العلوم في الطبيعة والكون كان عالماً في

اللاهوت وله مباحث في العقيدة بوجود الله . ولكنه لم يكن يعتقد بالتثليث — وكيف يمكن ذلك العقل المنطقي الرياضي أن يقتنع به .

١١ — أخلاقه

كان دمث الأخلاق لا يغضب ولا يعادي ولا يحقد ، حتى انه إذا قسي عليه في جدال عدل عن الموضوع تحاشياً للنفار والجفاء . ولذلك لم يكن له أعداء بل أحباء معجبون .

وعلى سموّ عقله واتساع دائرة علمه كثير التواضع لايفخر ولا يدعي ولا يتبجح .

وحين كان صحبه حوله يعجبون بسعة علمه وسمو عقله كان يقول : «أراني طفلاً يلهو على شاطىء من أوقيانوس المعرفة حتى إذا عثرت على صدفة أخذتها . وهل يفرغ البحر من الأصداف » ؟

وعاش عزباً . ويقول انه قلما شغل قلبه الحب . ولعله لم يحب . ومن كان مشغول اللب دائماً لا يبقى عنده وقت للحب .

قيل انه ترك ثروة تقدَّر بنحو ٣٢ الف جنيه . ولم يكن مسرفاً وانما كان محسناً جواداً يعمل الخير ليس لذويه فقط ، بل لكل من يعرف بفاقته وبؤسه .

لا يزال أساطين العلم منذ عهده الى اليوم وبعد اليوم يضعونه في مقام الملاك في دولة العلم ، أو الجبل الشامخ المشرف على روابي المعرفة .

قال لابلاس : إن كتاب « المبادىء » الذي صنّفه نيوتن أعظم نتاج عقلي ظهر في العالم وسألت ملكة بروسيا ذات يوم لبنتز (خصمه) رأيه في نيوتن . فقال : إن كل ما أنتجه العقل البشري منذ بزوغه الى اليوم من الفنون الرياضية وأساليبها لايساوي ما انتجه نيوتن .

وكان كبار العلماء من معاصريه مثل هوك ، وهالي ، وبويل في انكلترا ، وهوجنس في هولاندا ، وتورنلي في ايطاليا ، وباسكال في فرنسا يشاركون الفيلسوف لبنتز الألماني عقيدته في عبقرية نيوتن .

وفي عصرنا قال تجايمس تجينز عنه إنه أعظم العلماء على الاطلاق . وقال اينشطين : « ان ما جاء من النظريات العلمية الطبيعية بعده لم يكن الاّ نموّاً طبيعيّاً لنظرياته » . ولذلك لم ينقض اينشطين رأي نيوتن في الجاذبية كما ظنّ البعض . بل هو زاد على تلك الدوحة غصناً ، كما انه لم ينقض هندسة اقليدس بل زاد مداها .

الفصل الثاني

القوة القصوى

١ — البديهيات

متى شرع الطفل يستوعب شيئاً من الأحداث التي تطرأ عليه يشرع أيضاً يسأل عن أسباب بعضها مما يراه مستجداً أو مغايراً لما تكرر له وألفه. يسأل مثلاً لماذا لا يخطف الكلب الجبن عن المائدة وهو يعهد الكلب يأكل الجبنة اذا رآها على الأرض. ولماذا ليس له وشم في يده كما في يد آخر رآه لأول مرة وهو يظن ان الوشم خلقة في اليد. أو لماذا ليس لأبيه أسنان من ذهب كما لجاره. ونحو ذلك. أعني أنه منذ يسعى يشرع يظن أن لكل شيء سبباً. ولهذا تكثر على الطفل الأسئلة لما هو معلوم.

ولكنه لا يسأل البتة لماذا تطلع الشمس كل صباح من وراء أفق الشرق وتغرب وراء أفق الغرب. ولا يسأل لماذا لا يستطيع أن يرفع حجراً كبيراً وهو يستطيع أن يرفع حصاة. ولا يسأل لماذا العصفور يطير وهو لا يطير.

ان ما وعى له أولاً وهو يراه كل يوم لا يسأل عن سبب له لاعتقاده انه أمر طبيعي، فكأنه بديهي عنده، وأما ما يستجد لادراكه وشعوره يود أن يعرف له سبباً.

ما أكثر البديهيات عند الطفل. فطلوع الشمس وغيابها. واحراق النار وألمه، والجوع والعطش والنعاس الى غير ذلك مما لا يحصى — كلها بديهيات عند الطفل. ولكن عند الناضجين ولا سيما المثقفين فلكل هذه أسباب أو لا بدّ من تعليلها وتفسيرها وتبيان علل لها. حتى لطلوع الشمس كل صباح وغيابها كل مساء أسباب كما هو معلوم مهما تراءيا بديهيتين.

وقد تطوّع بعضهم الى انكار كل بديهية حتى البديهيات الرياضية كقولك: «الخط المستقيم هو أقصر مسافة بين نقطتين». و«الخطان المتوازيان لا يلتقيان». و«العددان اللذان يساوي كل منهما عدداً ثالثاً هما متساويان». والحقيقة ان هذه الاوليات ليست بديهيات وانما هي تعريفات. فاذا قلنا الخط المستقيم هو أقرب مسافة بين نقطتين عنينا ان الناس

اصطلحوا على تسمية أقرب مسافة بين نقطتين بالخط المستقيم : فكأن الكلمة وتفسيرها مترادفان. وكذلك سموا الخطين اللذين كيفما امتدا في سطح واحد لا يلتقيان خطين متوازيين. وقضية الخطوط او الكميات الثلاثة المتساوية كل منهما يساوي كلاً من الخطين الآخرين أو الكميتين الأخريين هي تحصيل حاصل، كما ان الأربعة تساوي ٢ و٢ هي تحصيل حاصل والنكتة في التعبير .

ومعنى ذلك انه ليس ثمت شيء بديهي بالمعنى الذي نقصده . العقل لا يعرف شيئاً بالبديهة كما نظن وانما يعرفه بتكرار الملاحظة حتى يعتقد انه شيء طبيعي لا يحتاج الى برهان . فسماه « بديهية » . ولا شيء أشد بداهة من قولك لا يوجد شيء في مكانين في وقت واحد معاً . ولكن بحسب ناموس النسبية هذا ممكن لشخصين راصدين في مكانين مختلفين .

واذا سألت العامي : لماذا المياه تجري من اعالي الجبال الى أسافل الاودية ثم الى البحر دهش لسؤالك هذا وقال : « ويكَ أتريد أن تصعد المياه من الاسافل الى الاعالي ؟ » .

تقول له : « لِمَ لا ؟ » .

يزداد دهشة واستغراباً ويقول « هذا مستحيل »

— « قل لي . لماذا هو مستحيل ؟ ماذا يمنع ان تصعد المياه من الأسافل الى الأعالي ؟ ماذا يرغمها ان تنزل ولا تصعد ؟ » .

حتى اذا تحير ولم يحر جواباً لجأ الى ما وراء الطبيعة وقال : « هكذا خلقها الله . خلقها تنزل ولا تصعد » .

وإذا سألته : لماذا تسقط التفاحة عن الشجرة إذا تقادم نضجها ؟ لماذا لا ترتفع في الفضاء ؟ استهجنَّك لهذا السؤال لأنه لا يرى سبباً لهذا الشيء المألوف عند جميع العقول منذ آدم إلى اليوم ، وهو أن الأشياء تسقط إلى تحت ولا ترتفع إلى فوق من تلقاء نفسها أو إذا لم تقذف قذفاً بقوة، وأخيراً مصيرها أن تهبط إلى تحت . هذا أمرٌ بديهي عنده كما أن طلوع الشمس صباح غد وموج البحر الخ كل هذا بديهيات عنده .

ولكن نيوتن لم يسلّم أن سقوط التفاحة شيء بديهي . بل قدّر له سبباً وجعل يفكر في السبب . وعبرت القرون على الكرة الأرضية والعقول حتى الفلسفية منها تعتقد أن سقوط التفاحة وانحدار الماء وغير ذلك من أشكال السقوط إنما هي أحداث طبيعية . أي

هي من سجايا الوجود . ولا سبب لها ولا تحتاج إلى برهان . فقال هذه بديهية .

لم يخطر لأحد أن يبحث عن هذا السر العجيب الغامض.. ولكن نيوتن لم يقتنع بهذه البداهة . فرام أن يفهم لماذا سقطت التفاحة أمام نظره من تلقاء نفسها ولم ترتفع إلى فوق . ففكر كل حياته ومات وهو لم يفهم ذلك السر، ولا فهمه أحد آخر إلى الآن ، وإنما خمنوه تخميناً . ولذلك اضطرّ العقل البشري أن يرضخ لحكمة الطبيعة الغامضة ويقول : ليس هناك سر . فما ذلك إلاّ إرادة الطبيعة . كذا أرادت الطبيعة وكذا يكون . واللاهوتي يقول : هناك يد الله تعمل .

على أن نيوتن إذا لم يعرف ذلك السر العميق الخفي فقد عرف بتفكيره البعيد الغور ناموس ذلك السر ومقتضياته . وحسبه هذه المعرفة وكفى

اكتشف أن لذلك السقوط سنة سرمدية نظامية رياضية. وظهر بعدئذٍ للعلماء أن جميع سنن الطبيعة رياضية كأن الطبيعة نفسها أستاذ رياضي ،أو بالأحرى إن الله تعالى البار يها عالم رياضي أعلى وقد برأ الكون كله على قواعد رياضية . وكذلك لسقوط الأجسام من أعلى إلى أسفل ناموس طبيعي رياضي . وهو ما جعل نيوتن يفكر ويبحث عن هذا الناموس .

٢ — اكتشاف نيوتن السر

ولما كان نيوتن قد علم من كتابات كوبرنيكس وبعض أسلافه من العلماء إن الأرض كرة تدور حول نفسها وتطوف حول الشمس في مدار (فلك) واسع أدرك أن الأجسام تسقط في اتجاه واحد نحو المركز خمن أن في مركز الأرض قوة غير منظورة تجذب الأجسام نحو المركز .

لما رأى نيوتن أن التفاحة أو أية مادة أخرى أينما كانت فوق سطح الأرض تسقط سقوطاً متجهاً الى الارض ، أي انها تتجه حتماً الى مركز الأرض ، تنبه الى أن هذه القوة الجاذبة نحو المركز منتشرة في جميع الجهات بالتساوي . يؤيد ذلك ما علمه من ناموس الأجسام الساقطة الذي اكتشفه جاليليو [1] ان الجسم كلما تقدم نحو المركز كان أسرع هبوطاً.

(١) مات جاليليو يوم ولد نيوتن . وكأن علم الفلك شرع يتعرى من علم التنجيم ويتسلسل سليما نقياً منذ عهد كوبرنيكس، فكبلر، فجاليليو ، فنيوتن الخ

(انظر تفسيره في الملحق الأول في آخر الكتاب)

وعلم نيوتن ورأى أن هذه القوة تشتد كلما قرب الجسم الساقط الى المركز . فهي إذن في أشدها عند المركز وأضعفها كلما ابتعدت عن المركز ، ولكن على أي حساب تقوى وتضعف ؟ أو ما هي قاعدة استقوائها وضعفها ؟

وكان طيخو براهي قد سجل لعدة سنين مدارات (أفلاك) السيارات التي كانت معروفة لعهده مستعيناً بالمقراب (التلسكوب) الذي اخترعه جاليليو . ثم جاء بعده كبلر ودرس أرصاد طيخو براهي هذه درساً دقيقاً . فلاحظ أن هذه السيارات لا تسير في الفضاء اعتباطاً بلا نظام ، بل هي تسير في دوائر على أبعاد مقررة من الشمس . وليست مداراتها مستديرة تمام الاستدارة بل هي اهليلجية الشكل قليلاً والشمس في أحد محترقي الاهليلج . ولاحظ أيضاً ان سرعاتها متناسبة وبالتالي مدات دورانها متناسبة أيضاً بالنسبة الى أبعادها عن الشمس . فاكتشف لحركاتها ثلاثة نواميس ثابتة لا تتغير .

١ — جميع أفلاك السيارات اهليلجية كثيراً أو قليلاً (الفلك هو المدار الذي يدور فيه السيار حول الشمس . والاهليلجي منه هو البيضي الشكل أي دائرة مستطيلة Oval) .

٢ — خط القوة Radius Sector في كل سيار يمسح في أوقات متساوية مساحات متساوية (خط القوة هو الخط الوهمي الممتد من مركز الشمس الى السيار يطول أو يقصر حسب ابتعاد السيار عن الشمس أو قربه منها في فلكه الاهليلجي)

٣ — نسبة مربع المدة التي يقضيها السيار الواحد الى مكعب بعده عن الشمس كنسبة مربع مدة أي سيار آخر الى مكعب بعده [١] .

٣ — الناموس أو القانون

ثم جاء نيوتن فدرس ملاحظات كل من كوبرنيكس ، وجاليليو ، وطيخو براهي ، وكبلر درساً دقيقاً فاستنتج منها ناموس القوة التي تجذب الأجسام نحو المركز ، إذ ثبت له أن مركز الشمس يفعل في السيارات التي حولها كما يفعل مركز الأرض في القمر وفي الأجسام التي عليها . أما ما هي هذه القوة الفاعلة فلم يدرِ . وإنما درى ان هناك قوة ، وأن لها نظاماً

(١) ترى شرح هذا في الملحق الرابع

رياضيّاً ، فسماها جاذبية واستخرج نظامها الرياضي وهو الناموس الذي نحن بصدده :

ان القوة التي تجذب الاجرام أو الاجسام نحو المركز تنقص كمربع البعد عن المركز .

مثال ذلك إذا كان الجرم المنجذب نحو المركز على بعد مقياس واحد (قل ميلاً أو فرسخاً أو ما شئت) يزن ٢٠/١ وزنة (وأحسب الوزنة رطلاً أو طنّاً أو ألف طن كما تشاء) فعلى بعد مقياسين يزن ٢٠/٤ وعلى بعد ٣ مقاييس ٢٠/٩ وعلى بعد ٤ مقاييس يزن ٢٠/١٦ وعلى بعد ٥ يزن ٢٠/٢٥ وهلمّ جرّاً .

هذا هو ناموس الجاذبية [١] الذي اكتشفه نيوتن ورأى انه يصدق على جميع حركات السيارات وأقمارها . فالسيارات كلها تدور من حول الشمس بحسب هذه السنّة . والقمر يدور من حول الأرض حسب هذه السنة أيضاً.

(وسترى تتمة الناموس في الفصل الثالث)

وأخيراً رأى علماء الفلك الطبيعي Astrophysics ان جميع الأجرام أفراداً وجماعات تجري في الفضاء في أفلاك (مدارات) حول مراكز معينة حسب هذه السنّة أيضاً .

وفي يقين العلماء الآن ان سنة الجاذبية هي سنة تحرّك الأكوان على الاطلاق .

٤ — سر الدوران

وهنا لابدّ من أن يعترض القارىء اعتراضاً وجيهاً قائلاً : ان دوران القمر من حول الأرض ودوران الأرض وسائر السيارات من حول الشمس، ودوران مجموعات الأجرام من حول مراكزها، ودوران الأكوان العظمى من حول مركزها الواحد[٢] — جميع هذه الدورانات ليست كسقوط التفاحة على الارض ولا كانحدار المياه من الأعالي الى الأسافل ولا كتساقط الشهب الى غير ذلك. تلك الأجرام تدور من حول مراكزها والتفاحة تهبط الى جهة المركز حيث تستقر على السطح الذي يحول دونها ودون المركز . فكيف يطبق ناموس سقوط الأجسام على

(١) انظر شرحه في الملحق الثالث في آخر الكتاب

(٢) الكون مجموعة مجرات كمجرتنا المسماة درب التبان وكلها تدور من حول مركز واحد . ويقال ان عددها نحو مليوني مجرة.

دوران الأجرام في أفلاك — ليس بين نوعي الحركة المذكورين من تماثل أو تشابه ، حتى يصدق عليهما ناموس واحد [١] .

هذا هو الظاهر في الحقيقة ، ولكن لا بدّ له من تفسير يتضح منه أن نوعي الحركة المذكورين يخضعان لناموس واحد ، الأمر الذي انتبه له نيوتن جيّداً ، وهو يدلك على سموّ عقل هذا الذي لا تكفي لوصفه كلمة عبقري .

ان حركة الدوران حول المركز نتيجة فعل قوتين متعامدتين ، الأولى اندفاع الجرم في الفضاء بقوة خاصة (سنفرد لها نبذة خاصة بعد أن نفرغ من هذا التفسير الذي نحن بصدده — النبذة الخامسة التالية) . والثانية جذب المركز له بقوة جاذبية نيوتن — نسميها « جاذبية نيوتن » تمييزاً لها عن أية قوة أخرى محركة كما سيتضح فيما بعد .

لو كان الجرم يندفع في الفضاء بقوة واحدة فقط لكان يندفع في خط مستقيم. هذا أمر بديهي إذا شئت أن تعتقد في البداهة وإلاّ فعليك بالاختبار. وإذا كان لا يسير في خط مستقيم فلأي ناحية يميل وما الذي يميله؟ - ليس له طريق طبيعي الاّ الطريق الذي يندفع فيه وهو الطريق المستقيم .

ولكن إذا طرأت عليه قوة أخرى في خط اندفاعه زادت سرعة اندفاعه في خط سيره. واذا طرأت عليه في خط معاكس لخط اندفاعه ردّته الى الوراء ان كانت أقوى من القوة التي دفعته أولاً ، أو اذا كانت أضعف ارتدّت هي ولكنها تنقص من سرعته بقدرها. ولكن اذا طرأت عليه قوة في خط معارض لخط اتجاهه حوّلت اتجاهه الى اتجاه آخر بين اتجاه القوتين معاً كما هو واضح في كتب الطبيعيات ويعلمه جميع طلبتها .

فاذا قذفت أية قذيفة في الفضاء بقوة يد أو قوة منجنيق أو قوة مدفع وكان الجو خالياً من الهواء الذي يقاومها ، وجب أن تنطلق في الفضاء في خط مستقيم الى ما لا نهاية له ، لولا أن قوة جاذبية الأرض تعترض خط اندفاع القذيفة فتستميله نحوها. وحينئذٍ تتجه القذيفة في خط ثالث هو نتيجة خطّي القوة المتعارضين وفقاً للقاعدة التي ذكرناها آنفاً.

(١) انظر الملحق الثاني . قانون المسارعة الدورانية .

ولما كانت قوة الجاذبية نحو المركز أقوى ، فلا بدَّ من أن تسير القذيفة الى مركز الأرض . فنرى خط سيرها ينحني الى أن تسقط على سطح الأرض أخيراً . ولو كانت الأرض غازية لطيفة رقيقة المادة ، لانحدرت القذيفة الثقيلة الى مركز الأرض .

ما انحنت القذيفة في سيرها الاَّ لأن قوة الجاذبية نحو مركز الأرض أقوى من القوة التي دفعتها إلى الفضاء .

لو كانت القوة التي دفعتها في الفضاء في خط أفقي فوق طبقة الهواء تستطيع أن تقذفها بسرعة ٤ أميال وتسعة أعشار الميل في الثانية ، لما سقطت هذه القذيفة الى الأرض بتاتاً ، بل لبقيت تدور حول الأرض كقمر صغير حولها الى أبد بعيد جدًّا ، لأن القوة التي دفعتها في تلك المنطقة حول مركز الأرض تعادل قوة جاذبية مركز الأرض لها [1] في تلك المنطقة . أي أن القوتين متعادلتين فتسير القذيفة في خط متوسط بين خطي القوتين وهو بينهما عند ٤٥ درجة لكل منهما كما هو معلوم للرياضي الطبيعي (انظر قانون المسارعة في الملحق الثاني)

٥ — القوتان المتعامدتان

وهنا يبدر الى ذهن القارىء هذا السؤال :

فهمنا ان القوة التي كانت تستميل القذيفة نحو المركز بحيث تسير في خطٍّ منحنٍ هي قوة جاذبية مركز الأرض ، وكذلك هي نفس القوة التي تحني خطوط جميع السيارات من حول الشمس . فهمنا ذلك . ولكن ما هي القوة الأخرى التي قذفت بالقمر وبالسيارات أولاً فاندفعت في الفضاء ثم لاقتها قوة الجاذبية فاستمالتها وحنت خطوط اندفاعها ؟ .

هذا سؤال وجيه أيضاً . وله تفسير لا نقول إنه بسيط ، ولكن يمكننا ان نقول انه تفسير بديع .

هذا البحث يردنا الى : أولاً ، كيفية انبثاق السيارات من الشمس . وانبثاق القمر من الارض . بل يردنا ثانياً الى كيفية تكوُّن الأجرام . وهذا نرجئه الى الفصلين الثامن والتاسع .

(١) البرهان في الملحق السادس في آخر الكتاب

وأما انبثاق السيارات والاقمار . فهو انتثار هذه الاجرام الصغيرة من أمهاتها بأسباب اختلف عليها فقهاء الفلك . ونحن نعبأ بأحدثها وأصوبها وهو ما شرحه العلامة الكبير السير تجايمس تجينز . ولا محل لشرحه هنا بالإسهاب وانما نشير الى مجمل النظرية .

وهو ان الأجرام تتجاذب فيما بينها بحكم سنّة الجاذبيـة . فاذا تقارب جرمان في سيرهما وهما في الحالة الغازية ارتفعت من سطوحهما أكوام بفعل الجذب كما ترتفع مياه البحر عندنا بفعل جاذبية القمر ، فيحدث ذلك على الشاطىء جزراً ثم مدّاً بعد ابتعاد القمر . هذا نفس ما حدث للشمس حين اتفق اقترابها من جرم آخر . فكلاهما فعل في الآخر مثل ما يفعل القمر في بحار الأرض . والأكبر يفعل بالأصغر أكثر مما يفعل هذا به .

سُلّ ذلك الجرم من جرم الشمس كومةً عظيمة تفتتت بعد تباعد الجرمين — الشمس والجرم الآخر الاكبر — وكان الفتات هذه السيارات .

وعلى هذا النمط ولد القمر من الارض .

ان بيان ميلاد السيارات والاقمار ليس الجواب المباشر لسؤال القارىء الآنف الذكر، بل هو توطئة له

اذا كنت ملمّا بشيء من علم الفلك، فانك تعلم ان جرم الشمس ككل جرم يدور على محوره، ويتم الدورة كل ٦٥ و ٢٤ يوماً تقريباً . واذا علمت ان محيط الشمس الاستوائي أي محيط منطقتها الوسطى ، نحو ٢،٧١٥،٧٤٣ ميلاً تقريباً علمت ان سرعة ذلك المحيط نحو ٠و٩٣ من الميل في الثانية . في حين ان سرعة محيط الارض أقل من ثلث ميل في الثانية .

وندرك حينئذٍ ان الكتل التي تنتثر منها تنتفض بمثل هذه السرعة أو سرعة فائقة على كل حال . ولكنها تنقذف بنفس اتجاه الدورات . لانه معلوم طبيعيّا بالملاحظـة والاستقراء (وبالبديهة اذا شئت) ان الجسم يأخذ دائماً نفس حركة الجسم الذي انفصـل عنه ونفس سرعته .

إن جميع الأجرام تدور كالشمس على محاورها في اتجاه واحد على الاطلاق . ثم إنها تسير دائرة من حول مركز عام لها في نفس ذلك الاتجاه، كأنها موكب حافل عظيم يطوف في الفضاء

من حول ذلك المركز العام بسبب سنّة الدوران أيضاً [١] .

الجرم الذي مرّ بقربة من الشمس أو هي مرّت بقربة منه وهو أضخم منها جداً كان يجذب كتلة الشمس كما تقدم القول في نفس اتجاه دوران الشمس على محورها واتجاه مسيرها واتجاه سيره هو أيضاً في اتجاه واحد ، فاتخذت تلك الكتل المنتثرة من الشمس بفعل ذلك الجرم الغليظ الذي كان والشمس يتقاربان وهما في اتجاه واحد أيضاً ولكن أحدهما أسرع من الآخر — اتخذت تلك الكتل اتجاهاً أفقيًّا بالنسبة إلى الشمس فكان ذلك الاتجاه هو الخط المعامد أو المعارض لخط قوة جاذبية الأرض .

ولما تباعد ذلك الجرم والشمس بقيت تلك الكتل السيارة تجري في الفضاء بعيدة عن سطح الشمس ، ولكنها لم تستطع أن تشرد في الفضاء لأن قوة جاذبية الشمس كانت لا تزال تكبحها وتمنع شرودها ولا سيما لأن ذلك الجرم شرع يفارقها وتناقصت قوة جذبه لها وضعفت جدًّا .

ولا يخفى عليك أن مثل ذلك حدث في الجرم الذي سطا على الشمس وارتفعت منه كتل. ولكنها لم ترتفع أكثر مما يرتفع الماء عندنا في حالة المد ، لأنه أكبر من الشمس جدًّا ، فلا تؤثر الشمس فيه أكثر مما يؤثر القمر على أرضنا .

وهنا ملاحظة أخرى لا بدّ من انتباه القارىء لها وهي أن الشمس كانت أكبر حجماً منها الآن ، وكانت ألطف كثافة وكانت سرعة دورانها المحورية أشد . فالأجرام المنتثرة منها أخذت تلك السرعة القديمة .

ذلك هو مصدر « القوة الخاصة » التي أشرنا اليها في نبذة سالفة (٤) القوة التي كانت تدفع الكتلة المشتقة في خط معارض لخط جاذبية الشمس الذي كان يحنيه . هذه هي القوة التي تعاونت مع قوة جاذبية المركز في الزام السيارات أن تدور حول الشمس .

فترى ان مصدر القوتين واحد . الجاذبية — جاذبيتان من جرمين مختلفين حجماً وسرعة تعاونتا في احراج جرم أن يدور حول مركز .

---

(١) بعض أقمار السيارات تدور في اتجاه مخالف الاتجاه العام . والى الآن لم يعلل الفلكيون هذا الشذوذ تعليلا مقنعاً

ثم هناك نتيجة أخرى لانسلاخ كتل من جرم وبقائها تطوف من حوله كما حدث في انسلاخ السيارات من الشمس . وهذه النتيجة هي أن الكتلة المنسلخة من الجرم (الشمس مثلاً) تكتسب منها حركة الدوران على محورها . إذ هو معلوم أن جميع كتل الشمس في بدنها في ثورات دورانية عنيفة تتقلب ملتفة حول أنفسها . فاذا أفلتت من الشمس بقيت لها هذه الحركة الالتفافية . ولهذا ترى أن السيارات كلها تدور على محاورها ، حتى القمر الذي لا يرينا الا وجهاً واحداً منه يتم في الفضاء دورة واحدة على محوره كلما أتمّ دورة من حول الأرض، أي كل شهر قمري .

يكفي ما تقدم بياناً لتسبيب الجاذبية حركة الدوران من حول المركز ومن حول المحور . وقد ظهر منه بوضوح ان التفاحة الساقطة على سطح الأرض لم تدر حول الأرض كالسيار لأنه ليس ثمة قوة أخرى معامدة لخط قوة الجاذبية كافية لكي تحرجها الى الدوران . وكذلك القذيفة التي قذفتها اليد أو البندقية أو المدفع، فانها سقطت أخيراً على سطح الأرض لأن القوة القاذفة لم تكن مكافئة لقوة الجاذبية لكي تمنحها حركة الدوران .

بقي بحث خطير الشأن في تعميم سنة الجاذبية على كل جرم وكل جماعة أجرام . وكل جزء من أجزاء الجرم وكل ذرة من ذراته وذريراته . وسنفرد له فصلا خاصًّا فيما يلي .

الفصل الثالث

شمول ناموس الجاذبية

١ — تجاذب الكتل

أشرنا فيما سبق الى أن ناموس الجاذبية الذي ذكرناه لنيوتن ليس إلاَّ إجمالاً للناموس فهو غير كامل كما ضبطه نيوتن . وقد أشرنا الى ذلك في نبذة ٣ من الفصل السابق . وقد ضبطه نيوتن هكذا : —

« كل ذرَّة من كل جرم تجذب كل ذرَّة من ذرَّات الجرم الآخر بنسبة مربع البعد بينهما بالقلب »: يعني أن الأرض والشمس تتجاذبان بحاصل ضرب عدد ذرَّات كل منهما بعدد ذرَّات الآخر بنسبة مربع البعد بينهما هكذا :

$$\text{الجاذبية} = \frac{\text{الارض} \times \text{بالشمس}}{\text{مربع المسافة بينهما}}$$

وبعبارة رمزية

$$\text{ج} = \frac{\text{ض} \times \text{ش}}{\text{م}^{٢}}$$

باعتبار ان ج رمز الجاذبية وض رمز الارض وان ش رمز الشمس و م رمز المسافة

وستتضح هذه المعادلة البسيطة جيِّداً في الملحق الثالث قسم ثان في آخر الكتاب .

ان تجاذب الأجرام هو بالحقيقة تجاذب ذرَّاتها من جرم الى جرم بنسبة مربع البعد بينهما. ولا يخفى عليك ان الثقل هو عبارة مرادفة للجذب . وبالتالي هو مقدار الجذب نفسه . فثقل القنطار مثلاً على الارض هو مقدار جذب ذرات الأرض لذرَّات القنطار بنسبة بُعد مركز الأرض . وإذا روعيت كتلة كل من القمر والأرض ونصف قطر كل منهما كان القنطار على سطح القمر يزن ٦ قناطير على الارض .

ومن حيث البعد عن المركز ترى ان الجسم يزن بالميزان الحلزوني على قمة الجبل أقل مما يزن على شاطىء البحر ، لأن هذا أقرب من ذاك الى مركز الأرض .

٢ — توازن الاجرام حول المركز

وهو معلوم في علم الطبيعيات ان الجسم مهما اختلف شكله الهندسي واختلفت كثافة كتلته ولطافتها فلابدَّ من أن يكون له مركز تتوازن جميع أجزائه من حوله. ويسمى هذا المركز

« مركز الثقل » . مثال ذلك : اذا كان عندك علبة مستطيلة من خشب وقد طوّقت بعض حدودها بالحديد ووضعت في جانب منها رصاصاً وملأت باقي فراغها بالورق والقطن فلابدَّ أن تكون في ناحية منها نقطة تتوازن من حولها جميع أجزائها ومحتوياتها حتى اذا علقت بحبل في تلك النقطة المركزية كانت متوازنة فلا تميل الى جانب دون آخر . هذه النقطة المذكورة هي مركز الثقل .

والقمر والأرض باعتبار انهما جرمان متلازمان كجرم واحد ومتجاذبان ، فمركز الأرض يختلف باختلاف موقع القمر من الأرض . ويكون دائماً أقرب إلى ناحية القمر وأبعد عن المركز الأصلي لأنه هو المركز المشترك بينهما .

كذلك المركز المشترك للشمس وسياراتها يتغير كل دقيقة بحسب تغير مواقع السيارات من حولها لأنها وسياراتها تعتبر كجرم واحد وتشترك جميعاً بمركز ثقل واحد .

وإذا اتفق في دهر من الأدهار ان جميع السيارات كانت في خط واحد من ناحية واحدة من نواحي الشمس أصبح مركز الثقل في الشمس أبعد عن مركزها الأصلي عدة أميال . ثم يعود فيقترب إلى المركز الأصلي تدريجياً كلما تهتتت السيارات من حول الشمس . وفي نفس ذلك الوقت تتغير مراكز السيارات أنفسها أيضاً حسب نسبة مواقعها بعضها إلى بعض وإلى الشمس .

٣ — تفاعل القوى الجاذبة

وتقارب السيارات بعضها من بعض يقوي التجاذب بينها وقد يقاوم جاذبية الشمس مقاومة زهيدة ، فتتغير سرعتها بسبب هذا التجاذب كما لاحظ الفلكيون ذلك جيداً

ولهذا السبب كان السيار أورانوس في بعض الازمان يختلف ميقاته وتختلف ايضاً سعة فلكه (أي مداره) وموضعه . فدرس هذا الاختلاف بعض الفلكيين وبينهم ليمونيه درساً دقيقاً طويلاً الى ان قرّر هذا ان هناك سياراً آخر يؤثر عليه فضلاً عن تأثير زحل جاره . وما لبثت المراصد ان اكتشفت السيار نبتون بحسب نبوءات ليمونيه وزملائه .

وبمثل هذا السبب وهذه الملاحظات الرصدية حُكِم بوجود السيار بلوتو الاخير ثم أكتُشف كما تُنُبِّئ به وكان المتنبئون يعوّلون في تنبؤاتهم على تأثير الجاذبية في الاجرام المتقاربة والمتباعدة . وحساباتهم الدقيقة كانت تكشف ليس عن مواقع السيار المتنبأ به فقط بل عن بعض خواصه أيضاً كمقدار كتلته وحجمه وكثافته الخ .

وحاصل القول ان اكتشاف نيوتن لناموس الجاذبية مهّد الطريق لاكتشافات علمية عديدة فلكية وغير فلكية . وأثبت ان كل حركة في الكون انما هي تتجه بقوة الجاذبية . الجاذبية قوة القوى . القوة القصوى .

الفصل الرابع

مصدر القوى

١ — ظاهرات الجاذبية

الجاذبية مصدر كل قوة في الوجود على الأطلاق . ولايضاح ذلك نشرح ظاهرات القوى العاملة على الارض .

نأخذ أبسط هذه الظاهرات أولاً .

أقدم ما عرفنا من الآلات لإستخدام المياه المنحدرة المطاحن أو الطواحين المائيـة التي يُـدار فيها حجر الرحى بقوة المياه المنحدرة من علٍ في شبه بئر يجري اليها الماء ثم يندفع من كوّة في أسفلها بزخم شديد مساوٍ لارتفاع البئر أي عمقها . فتصدم المياه أضلاع دولاب موضوع وضعاً دقيقاً ومحوره متصل في غرفة الطحن بحجر الرحى فوقه . فيدور هذا الدولاب ويدور به حجر الرحى على حجر آخر ثابت ويرسل القمح من ثقب كبير في الحجر الأعلى الى ما بين الحجرين فتسحق الحنطة بينهما

أما الدولاب الذي نحن بصـدده فهو قرمة غليظـة من الخشب مستديرة غرزت في محيطها الاضلاع التي أشرنا اليهـا آنفاً على أبعاد متساوية متقاربة وعرضها مائل نحو ٣٠ درجة على الأفق والمحور العمودي المار بالقرمة والمثبت فيها مركّز على حفرة صغيرة مستديرة مقعرة لـكي يدور عليها ، حتى اذا تدفقت الميـاه على الضلع الواحدة دفعتهـا لخلت محلها الضلع التي وراءها فيدفعها الماء فتأتي التي ورائها الى محلها . وهكذا دواليك فيدور الدولاب ويدور به حجر الرحى .

هذه أقدم عملية آلية تتحرك بقوة اندفاع الماء . ولا نعلم متى اخترعت ، ولا من اخترعها وكيف تنبه لها القدماء وأدركوا أن للمياه المنحدرة قوة يمكن استخدامهـا والانتفاع بها .

على نفس هذا المبدأ تستخدم الآن المياه المنحدرة لادارة الدّينَـمو لتوليد الـكهرباء .

وأظن أن أول ما استعملت المياه المنحدرة لهذا الغرض بقوة كبيرة كان في شلالات نياغرا

في أميركا حيث تولد قوة نصف مليون حصان . والآن قد شاع هذا النمط لتوليد القوة في كل بلد في أميركا وأوربا حتى في لبنان أيضاً .

فكأن قوة الماء المنحدرة قد تحولت إلى قوة كهربائية كما لا يخفى . وهذه القوة تمتاز على القوة المائية بامكان نقلها إلى مسافات بعيدة بواسطة الأسلاك ، وامكان توزيعها بمقادير مختلفة حسب مشيئة الانسان ، واستعمالها لادارة الآلات المختلفة الأغراض، وتحويلها إلى نور وحرارة وإلى أمواج كهرطيسية كأمواج الراديو مثلاً وإلى أغراض أخرى عديدة

فمن أين هذه القوة التي في المياه المنحدرة وقد أدارت حجر الرحى والدينمو (المحرك الكهربائي).

هي ثقل الماء الهابط . والثقل معادل للكتلة الهابطة.وسبب الثقل هو جذب كتلة الأرض للماء نحو مركزها . الماء هابط بفعل الجاذبية . إذن فالذي يدير الرحى هو الجاذبية . والذي يدير الدينمو هي ، أيضاً بفعل الماء الهابط ، الجاذبية .

ومن أين جاءت المياه المنحدرة .

من المطر الذي يسقط من الجو ويتغلغل في أتربة الجبال وشقوق صخورها ، والثلج الذي يهبط من الجو في الشتاء ثم يذوب في الصيف وينحدر بفعل الجاذبية .

ومن أين ماء المطر والثلج ؟

من بخار الماء الذي كان أخف من الهواء فتصاعد في الجلد ثم برد هواء الجلد فتقلص وانعصر ماء البخار منه فهبط مطراً أو ثلجاً . فالبخار كان وهو يتصاعد يعاكس فعل الجاذبية ، لأن الهواء أثقل منه فيرسب . فلما برد ثقل وهبط فكأنه كان بصعوده يختزن قوة الجاذبية . فلما هبط ردَّ قوة الجاذبية التي كان يختزنها .

وما الذي بخَّر الماء ؟

حرارة الشمس.فكأنها فعلت فعلاً مضاداً لفعل الجاذبية الأرضية وخزنت بالبخار هذه القوة . وسترى ان الحرارة فعل جاذبي أيضاً .

قد يقول القارىء هناك دينمو يدور بقوة الآلة البخارية.وحجر الرحى يمكن أن يدور بقوة البخار. وكثير من الآلات تدور بها أيضاً . فمن أين قوة البخار هذه التي تدير الآلات ؟

هو معلوم أن قوة الآلة البخارية ناتجة من تمدد البخار المائي . وهذا التمدد ناجم عن الحرارة التي تبعد الذرات بعضها عن بعض والصادرة من إحراق الفحم والحطب والبترول أو أي شيء يحترق . والحرارة حركة نشطت من الاشعاع الشمسي والحركة حاملة قوة . فالحرارة إذن قوة أيضاً .

ومن أين جاءت الحرارة للفحم حين كان يحترق مع إنه كان بارداً قبل الاحتراق .

كان الفحم وسواه نباتاً في الأصل والنبات نبت ونما بفعل حرارة الشمس ونورها. فبينما هو ينمو كانت الحرارة تخزن فيه ، أي الحركة كمنت . فلما أحرق اتحد الاكسجين مع ذرات الفحم وغيره مما يحترق . وأثار الحركة ثانية بصورة حرارة . فالحرارة قوة أيضاً .

ومن أين حرارة الشمس ؟.

حرارة الشمس ونورها أيضاً شكلان لإشعاع واحد يسمى شعاعاً كهرطيسيًا ، أي كهربائيًا مغنطيسيًا . وهو تموج من صنف تموج الراديو — كهرطيسي .

وما هو مصدر التموج الكهرطيسي ؟ .

٢ — تركب الذرة

هنا نرانا مضطرين أن نأتي باختصار وبكل بساطة على تركيب الذرة ، أي الجوهر الفرد Atom لكي نتأثر مصدر الكهرطيسية . وهو بحث طويل جداً يستغرق مجلداً فننوه به تنويهاً باختصار كلي .

الجوهر الفرد هو الجزء الأول للمادة لأنه لا يتجزأ كيمويًا . ولكن العلماء رأوا أخيراً أنه يتجزأ كهربائيًا . هو الجزء الذي تتألف منه أجسام المادة من حجر وماء وشجر ولحم والى ما لا يحصى مما يرى من أشكال المادة . والجواهر الفردة أي الذرات ٩٢ صنفاً كيماويًا تختلف باختلاف اعداد العنصرين أي الذريرتين اللتين تتألف منهما الذرة (الجوهر الفرد) وهما الأويل (البروتون) والكهيرب (الالكترون) .

نواة الذرة تؤلف من بروتونات مفردة في الهيدروجين ومتعددة في ما سواه الى أن تبلغ ٩٢ بروتوناً في الاورانيوم جد الراديوم يصحبها ١٤٦ نيوتروناً . واكل بروتون

كهيرب يقابله دائراً حول النواة في فلك كالسيار حول الشمس . والقوة التي تدير هذه الكهيربات من حول نفسها أولاً ثم من حول النواة في أفلاك ثانياً ، هي نفس قوة الجاذبية التي تدير الأرض حول محورها ثم حول الشمس .

دورانات النواة والكهيربات على محاورها ودورانات الكهيربات من حول النواة كلها في اتجاه واحد كدورانات السيارات حول الشمس .

فالذرة صغيرة كالهيدروجين أو عظيمة كالأورانيوم تعتبر نظاماً جاذبياً قائماً بذاته كالنظام الشمسي تماماً .

وهنا أتخيلك تتعمق في التساؤل عن أصل هذه القوة العظمى ، أم القوى ، أو عن مصدرها الأول — ما هو مصدر هذه القوة ؟

— إذن يجب أن نتعمق في البحث عن أصل المادة — الهيولي . فاليك البيان .

٣ — الهيولي

الهيولى، أي ذرات المادة (الذرات الأصلية الأولى) هي أدق الذرات . هي أصغر من الكهيرب. إن ١٨٤٠ كهيرباً تساوي بروتوناً . والكهيرب إذا طبق على البروتون انحلا بلمعة شعاع الى فوتونات أي ضويئات .

ينحل الكهيرب الى عشرة آلاف فوتون. فالبروتون اذن ينحل الى ١٨٫٤٠٠٫٠٠٠ فوتون والفوتون هو أدق أجزاء المادة . الى الآن لم يعرف إن كان الفوتون مؤلفاً من أجزاء أدق . يعتبر الآن هو المادة الأولى — الهيولى .

وجدت الهيولى او الفوتونات ، أو خلقها الخالق ، ولها ثلاث سجايا أو طباع أو خواص:

١ — خاصية الامتداد الثلاثي : الطول والعرض والسُّمك .

٢ — متحركة : تتحرك حركة دورانية على نفسها . دورة محورية . وجميعها في اتجاه واحد.

٣ — متجاذبة — يجذب بعضها بعضاً الأقرب فالأقرب . والأقرب أقوى من الآخر الأبعد بالنسبة لواحد آخر بينهما

هذه خواص ذريرات المادة الأولى

اذا لم تكن لها هذه الخواص الثلاث ولا سيما الأولى فماذا تكون ؟ اذا لم تكن ذات امتداد فهي عدم وليس للحيز نفسه وجود . إن الذي أوجد المكان أوجد المادة فيه . ولولا وجودها لما كان للمكان وجود . تصور الفضاء خالياً من المادة فهل تستطيع أن تتصور وجوداً . ينعدم المكان بانعدام المادة التي تشغله [1]

واذا لم تكن متحركة فما هي موجودة أيضاً . تصور أجزاء المادة أو ذراتها أو ذريراتها أو فوتوناتها أو مجموعاتها ثابتة غير متحركة . تصورها هكذا . فما الفرق بينها وبين العدم وكيف نحس بوجودها . بل قل لي كيف تتصور العدم . كيف تتصوره غير هذا الجمود المطلق . واذا لم تكن ثمت حركة فكيف يكون ثمت زمان . الزمان مقياس الحركة .

واذا لم تكن متجاذبة فكيف تتجمع في كتل وأجرام الخ . تصورها غير متجاذبة . تبقى ساكنة في أماكنها وحينئذٍ تكون كالعدم أيضاً .

نذهب الى أن لذريرات المادة الأولى هذه الخواص الثلاث الرئيسية ، لأن علماء الفلك الطبيعي والرياضي تحققوا ان لجميع الأجرام دورانات محورية في اتجاه واحد وان مجموعات الأجرام تدور من حول مراكزها في اتجاهٍ واحد أيضاً .

وكذلك علماء الجوهر الفرد — أي الذرة — لاحظوا ان ذريراتها الكهيربات (الكترونات) والبروتونات تدور على محاورها وتلك تدور حول هذه في اتجاه واحد أيضاً . ودورانها خاضع لسنة الجاذبية تمام الخضوع .

فمن هذه الملاحظات نستنتج ان جميع أجزاء المادة وجماعاتها من ذريرات وذرات وكتل وأجرام وجماعات أجرام سائرة في هذا الفضاء العظيم مواكب مختلفة وسرعات مختلفة بحسب البعد عن المركز . ولكنها كلها في اتجاه واحد . والعامل الوحيد في هذا السير هو الجاذبية. الجاذبية بين الذريرات وبين الذرات وبين جماعات الذرات وكتلها الخ [2] ...

وأخيراً لك أن تقول ان كل حركة في هذا الكون الأعظم هي نتيجة قوة الجاذبية .

---

(١) تجد في كتابنا « هندسة الكون — النسبية » فصلا ضافياً بهذا المعنى تحت عنوان « الزمكان » (الزمان المكان)

(٢) تجد بحثاً في جاذبية ذريرات الذرة في كتابي « علم الذرة » الذي سيصدر قريباً ان شاء الله

٤ — ناموس السرعة

فهمت مما تقدم ان الجاذبيـة قوة ، والقوة تحدث حركة . وللجسم المتحرك سرعة بعدة معينة . فمقدار السرعة اذن من فعل الجاذبية . وله ناموس مشتق من ناموس الجاذبية نفسه .

وقد علمت ان قوة الجذب تنقص كمربع البعد عن المركز، وكذلك مقدار السرعة ينقص بنسبة البعد عنه على هذه القاعدة : وهي نسبة مربع سرعة الجرم الواحد في الثانية الى مربع سرعة الجرم الآخر كنسبة بُـعد الآخر الى بُـعد الأول . وبعبارة رياضية أخرى أبسط .

مربع مقدار سرعة الواحد مضروب في مسافة بُـعده عن المركز تساوي مربع مقدار سرعة الآخر مضروبة في مسافة بُـعده عن الآخر .

وقبل التمثيل على هذا القانون نلفت نظر القارىء الى اصـطلاح العلماء على الأقيسة في النظام الشمسي . فقد اتفقوا على جعل بُعد الارض عن الشمس أي طول المسافة بينهما مقياساً للابعاد أو المسافات الفلـكية فحسبوه متراً فلكيـًّا واحداً (مع انه ٩٣ مليون ميل او ١٤٩٫٤٥ مليون كيلومتر) والأفضل ان نسميه « المقياس الفلـكي » .

فاذا قلنا ان نصف قطر فلك المشتري ٥٫٢ مقياس فلـكي عنينا ان متوسط بُـعد المشتري عن الشمس خمس مرات وعُـشران كبُـعد الارض .

(وكذلك سموا السنة الأرضية مقياساً زمنيًّـا لدوران السيارات حول الشمس)

فبناءً على قانون السرعة المشار اليه إذا كانت سرعة الأرض في فلـكها ١٨½ ميل بالثانية فيجب أن تـكون سرعة المشتري ٨٫١ ميل في الثانية ، لأننا إذا طبقنا هذه القاعدة على هذه النسبة كان لنا .

مربع سرعة الأرض (١٨½)^{٢} × بعدها بالقياس الفلـكي وهو واحد = مربع سرعة المشتري (٨٫١)^{٢} × (٥٫٢) بعده عن الشمس هكذا (١٨½)^{٢} × ١ = (٨٫١)^{٢} × ٥٫٢ امتحن ذلك .

(ابرهنة القانون انظر الملحق الخامس بآخر الـكتاب) .

الفصل الخامس

سر التجاذب

١ — نظرية الاثير

أول عقبة قامت أمام نظرية الجاذبيـة هي الإجابة على السؤال الآتي : ما هي الوسيلة التي تنتقل عليها أوفيها أو بها هذه القوة من ذرية الى ذرية ومن جرم الى جرم ؟ — لأنه إذا كانت الذريات كالأجرام تدور بعضها حول بعض بفعل قوة الجاذبية فاذاً بينها فراغ تحيط به أفلاك (مدارات) فكيف تعبر تلك القوة هذه المدارات . وباصطلاح العلماء كيف يمكن أن يكون الفعل عن بُـعد — عن مسافة ؟

تشاهد هذا الفعل السري أو الغامض إذا كنت تدني مسماراً مثلاً الى نضوة مغنطيس. فترى ان المغنطيس اجتذب المسمار قبل أن تقربه اليه وبينهما في نظرنا فراغ ، فما في هـذا الفراغ من الواسطة أو الوسط لنقل هـذه القوة من المغنطيس الى المسمار ، ومن الأرض الى القمر ومن الشمس الى سياراتها ؟

مثل هذه العقبة السرية المحيرة قامت في سبيل انتقال نور الشمس وحرارتها الى الأرض — أو انتقالها على الاطلاق — أيضاً .

أما من حيث انتقال النور والحرارة معه فقد زعم نيوتن أن النور ذريرات Corpuscles تنطلق من الجسم المنير بسرعة ١٩٠ ألف ميل في الثانية (والسرعة التي تقررت أخيراً ١٨٦ ألف ميل) ولـكن رئي أن النور يسير أمواجاً ، فقالوا إن الزعم الأصح ان تفرض مادة خفيفة جداً جداً مالئة الفضاء ، سموها ايثراً ، وان النور حركة صادرة من الجسم المنير تصدر أمواجاً في هذا الفضاء الأيثري . ولا يزال فرض الأيثر بين الشك واليقين إلى اليوم . ولـكن بعض أساطين العلماء مثل تجينز ولودج وغيرهما يرجحونه واينشطين لا ينقضه ، ولـكن يقول إن نظريته النسبية تستغني عنه .

هذا من جهة انتقال النور، وأما من جهة انتقال الحرارة فهي ضلع من النور مصاحبة له.

وأما من جهة انتقال قوة الجاذبية فلم يقل نيوتن شيئاً بل لم يقل كيف يحدث التجاذب عن بعد بتاتاً. فبقي هذا سرّاً غامضاً الى اليوم.

على ان اينشطين المغرم بنظرية « الزمكان » (اندماج الزمان بالمكان) ينسب للفعل الجاذبي زماناً. وبهذه النسبة نقح جاذبية نيوتن. فاذا كانت قوة الجاذبية تستغرق وقتاً في انتقالها فهي اذن كالنور تموج ايثري، أي أن حركات ذرات الجسم الجاذب تحدث أمواجاً جاذبية في الأيثر، فتصدم الجسم المجذوب وتحدث فيه حركة الدورانين: الدوران المحوري والدوران المركزي، من حول المركز.

٢ — لغز الجاذبية

اكتشف نيوتن ناموس الجاذبية وطبقه على جميع السيارات حتى على جميع الأجرام المتحركة. ولكنه لم يقل لنا ما هي الجاذبية أو ما هو سرها. أو بعبارة أصح ما هو سبب دوران السيارات حول الشمس بسرعات متناسبة مع أبعادها عن الشمس.

وما زال العلماء حتى اليوم حيارى في هذا السر، حتى اذا كلّوا عن فهمه قالوا لماذا نحسب الجاذبية سرّاً. لماذا لا نحسبها طبيعة في المادة؟ لماذا لا نقول إن المادة مخلوقة يجذب بعضها بعضاً؟ فلا سر هناك. وانما نحن اختلقنا لها سرّاً وجعلناه مجهولاً أو مستحيل التفسير، في حين أن المسألة بسيطة لا تحتاج الى إعمال فكر. الجاذبية صفة من صفات المادة كما ان الألفة الكيميائية صفة من صفات الذرات، والتبلّر صفة من صفات الجزيئات Molecules والذوبان صفة أخرى وهلمّ جرّاً. (والحقيقة ان لهذه جميعاً أسباباً طبيعية ليس هنا محل بيانها)

ولكن لو كانت الجاذبية تجاذباً فقط بين جسمين لا كتفينا بتفسيرها بأنها خاصية من خاصيات المادة، ولكنها ليست مجرد تجاذب فقط، بل هي مع ذلك دوران جسم حول مركز بسرعة مقيدة ببعد الجسم عن المركز. هذه أهم ظاهرة من ظواهر الجاذبية. وغرضنا هنا كشف هذا السر في صميمه إن أمكن.

٣ — ضلا الجاذبية

إذا حللنا ظاهرة الجاذبية رأيناها تنحل ظاهرتين : الأولى التجاذب بين جسمين

في خط مستقيم الى ان يتصل احدهما بالآخر كتجاذب المغنطيس والحديد وسقوط التفاحة من الشجرة الى الأرض .

الظاهرة الثانية دوران جرم صغير حول جرم كبير كدوران القمر من حول الارض ، أو دوران الأرض وسائر السيارات من حول الشمس ، أو دوران جرمين غير متفاوتين بالحجم والكثافة المادية Mass كثيراً ، حول مركز التجاذب بينهما ، كدوران فرعي النجم المزدوج Binary star المتباعدين حول نقطة التجاذب بينهما .

في الظاهرة الثانية يدور الجرم الدائر حول المركز بسرعة مناسبة لبعده عن المركز . وهذه النسبة بين السرعة والبعد ، خاضعة لناموس الجاذبية كما تقدم بيانه في الفصل السابق ، حتى اذا اختلت نسبة السرعة هذه سقط الجرم الى المركز ان كان أبطأ أو شرد عنه ان كان أسرع من القدر القانوني (راجع نبذة ٤ من الفصل الثاني) .

فيظهر مما تقدم ، أولاً : أن الجرم الدائر (كالقمر من حول الارض أو الأرض من حول الشمس) واقع تحت سلطة قوتين [1] القوة الواحدة تسوقه في خط سيره المستقيم ، والقوة الأخرى تستميله نحو المركز فتجعل خط سيره منحنياً في دائرة حول المركز . ولأننا نرى جميع الأجرام ، سيارات وغير سيارات ، تدور من حول مراكز خاصة بكل منها ، وما من جرم شارد عن مركز ولا جرم هابط الى مركز — نفهم من هذا ان القوتين المسيطرتين على الظاهرتين اللتين نحن بصددها متكافئتان ، أو انهما متعاضدتان ، أو انهما صادرتان من مصدر واحد [1] .

ويظهر أن الجاذبية تشتمل على حالتين من الحركة أو بالأحرى على قوتين متعامدتين تنتجان حركتين متعامدتين أيضاً : حركة الجذب نحو المركز وحركة الشرود عنه . والحاصل من تسلطهما على جرم واحد هو الدوران حول المركز — لا اقتراب ولا شرود . أي ان هذه الحالة تحول دون هبوطه كما ان تلك تحول دون شروده وهما : —

١ — قوة الانجذاب نحو المركز Centripetal Force

٢ — قوة الابتعاد عن المركز Centrifugal Force فلنبحث في كل منهما بحثاً تحليلياً .

(١) راجع نبذة ٥ من الفصل الثاني

الفصل السادس

الجاذبية والدافعية

١ — قوة الانجذاب نحو المركز

نبتدىء من مذهب ان التجاذب بين الذرات خاصة من خواص المادة (كما سبق هذا القول في نبذة ٣ فصل ٤) او طبيعة من طبائعها . أي ان المادة كذلك خلقت ، ذرات يجذب بعضها بعضاً ، أو اذا شئت فقل إن من طبيعة الذرات أن تقترب كل واحدة الى أقرب ذرة اليها من غير دافع خارجي عنها يدفع كلاً منهما الى الأخرى، الا اذا طرأت عليهما قوة تفرّق بينهما فتتباعدان مرغمتين ،كما لو مرت ذرة ثالثة في نقطة أقرب الى احدى الاثنتين فتتجاذب هاتان دون تلك . وحاصل القول ان الذرة لا تستطيع العزلة أو الانفراد .

وقد قلنا إن هذه هي طبيعة كل ذرة في الكون — فالبروتونات الأويلات والكهارب والفوتونات الضُوَيْئات والكتل المتجمعة منها والأجرام — كلها خاضعة لحكم هذا التجاذب . فاذا تصورنا جميع الذرات التي تألفت منها الأجرام منفرطة العقود ومشتتة في الفضاء المطلق ، فهل يكون غريباً عن تعقلنا أو عجيباً لأذهاننا ان يتقارب بعضها الى بعض .

قد نتساءل عماذا تتقارب ؟

هب انها لم تتقارب بل بقيت مبعثرة أفلا يخطر لك أن تسأل لماذا هي مبعثرة هكذا ؟ لماذا لا تتجمع . فتجمعها ليس أدعى للاستغراب من تشتتها . ربما كان العقل يرتاح الى تقاربها أكثر منه الى بقائها مشتتة .

٢ — سر التقارب

لنفرض أن تقارب الذرات بعضها الى بعض (كما هو الواقع) أو ثباتها في أماكنها من غير تقارب ، سيان عند العقل المنطقي ، أو أن لهذا التقارب سبباً نجهله ، أو أن هناك قوة أجنبية عن المادة تحدثه (قوة الله) ، على أن هذا التقارب حادث فعلاً . ومادمنا

لانكتشف له سبباً فلنعده خاصة من خواص المادة (الله خلقها بهذه الطبيعة) ولنسمه نزعة مادية . أي أن كل جسم مادي ، ذرة أو مجموعة ذرات ، ميّال أو نزوع الى الاقتراب لأقرب جسم آخر اليه . فمن هذه النزعة نبتدىء في تفسير سر الجاذبية .

بالبديهة نعلم أن كل ذرتين متعادلتين كتلة تتقاربان في المكان والزمان بالتساوي . أي أن كلاً منهما تقترب الى الأخرى مسافة واحدة في مدة واحدة ، كقولك مثلاً إن كلاً منهما تدنو نحو الأخرى سنتيمتراً في ثانية واحدة . فاذا تفاوت الجسمان في عدد الذرات كان تقارب كل منهما يجري على هذه القاعدة البديهية ، أي أن اقتراب الجسم الواحد الى الآخر يكون بقدر ما في الآخر من الذرات بالنسبة الى ما في الأول منهما .

لنفرض ذرة واحدة تبعد ١١ سنتيمتراً عن مجموعة تحتوي على عشر ذرات ، فحينئذ تتصور الذرة المفردة ميّالة للاقتراب الى كل ذرة من الذرات العشر سنتيمتراً واحداً ، كما ان كل ذرة من الذرات العشر ميّالة للاقتراب اليها . فاذاً كلما اقتربت الذرات العشر سنتيمتراً واحداً كان على الذرة المفردة أن تقترب اليها في نفس الوقت عشر سنتيمترات لكي توفي كلاً من العشر حقها من التقارب .

على هذا النحو : مجموعة ذات ٥ ذرات تقابل مجموعة ذات ٣٠ ذرة وبينهما ١٤ سنتيمتراً تقترب تلك ٦ سنتيمترات كلما اقتربت هذه سنتيمتراً واحداً . وفي آخر الثانية الثانية تلتقيان عند السنتيمتر الثاني عشر لأن ٥ × ٦ × ٢ = ٣٠ × ١ × ٢

وهذا يطابق الضلع الأول من قانون الجاذبية الذي اكتشفه نيوتن وهو ان الجاذبية هي حاصل ضرب كتلة الجرم الواحد بكتلة الجرم الآخر (والمراد بالكتلة مجموع عدد الذرات) ولكن الجاذبية ليست هذا الضلع وحده بل هي نسبة هذا الى ضلع آخر وهو مربع المسافة بين الجرمين ، وهذا يؤيد نبذة (١) من الفصل الثالث .

والضلع الثاني أهم من الاول وفيه معظم السر .

لو اقتصرت الجاذبية على الضلع الاول ، أي تقارب الذرات ومجموعات الذرات بعضها الى بعض ، لانطبقت جميع ذرات الكون وجميع أجرامه وسُدُمه بعضها على بعض بحيث لا يبقى أقل فراغ بينها ، وكان ضغطها بعضها على بعض في شدة لا يتصورها عقل . ولكن الضلع

الثاني يتدارك هذه الكارثة الكونية ويجعل للكون أنظمته التي نعلمها .

الضلع الاول يسمى القوة الجاذبة الى المركز وقد انتهينا منه . والضلع الثاني يسمى القوة الدافعة عن المركز وهو الذي نعلله فيما يلي :

٣ — قوة الابتعاد عن المركز

قلنا آنفاً إن من خواص المادة تقارب الذرات أو بالاصطلاح العلمي تجاذبها . وبالتالي تجاذب الذرات وتجاذب مجموعاتها وأجرامها وسُدُمها . وهنا نقول : ان من خواصها أيضاً الدوران المحوري Rotation أي ان كل ذرة وكل جسم (مجموعة ذرات) مستقل في حيزه يدور على نفسه — على محوره — هذه ظاهرة طبيعية عامة مشاهدة في الكون — الشمس والأرض والسيارات والأقمار كلها تدور على محاورها . كذلك النجوم ومجموعات النجوم والمجرة والسدُم تدور على محاورها ، حتى أدق أجزاء المادة — الفوتون الضوئية والكهيرب والذرة المؤلفة منها تدور على محاورها . فكأن المادة مخلوقة ولها هذه الخاصة — خاصة الدوران .

ولكن هذا الدوران المحوري ليس النوع الوحيد بل هناك دوران آخر هو الدوران المركزي Revolution أي الدوران حول مركز عن بُعد . كدوران الأرض والسيارات من حول الشمس فضلا عن دورانها على محاورها . والدوران الأول هو سبب الدوران الثاني ، وهو أيضاً سبب القوة الدافعة عن المركز ضد القوة الجاذبة الى المركز .

وهنا لا بدَّ أن يسأل القارىء كيف يكون ذلك ؟ وكيف يمكن أن يؤثر دوران جرم مركزي كالشمس في جرم آخر كالأرض على بعد سحيق بينهما ، بحيث يجعلها تدور من حول الشمس بسرعة مقرَّرة لا تتعداها ، ولا تقصر منها لتتم الدورة في سنة كاملة ؟ فما هي واسطة الاتصال التي تنتقل بها القوة من الجرم المركزي الدائر على نفسه الى الجرم البعيد عنه لكي تضطره أن يدور حوله ، فلا تتركه يهبط الى المركز ولا تدعه يشرد عنه ؟

هنا تنبري وظيفة الايثر الى الميدان لحلّ اللغز . وهنا تتضح علاقة الجاذبية بالايثر . وهنا يتضح الدور الذي يلعبه الايثر في الضلع الثاني من الجاذبية ، واليك البيان :

تصوَّر الشمس ، مثلاً ، وهي تدور على محورها مع ما فيها من نتوءات وغوار

وتصوَّر ما فيهـا من ذرّات وجزيئات تدور على نفسها وكهيربات تدور حول بروتونات . وكل ذرّة تصدر سلسلة تشعّعات Radiations — تصور جميع هـذه تصادم البحر الأثيري مصادمات متساوقة متتابعة في اتجاه واحد لأن دوراناتها متجهة اتجاهاً واحـداً — تصوَّر هذه المصادمات محدثة أمواجاً مسوقة في اتجاه تلك الدورانات المحورية ، وهي تنتشر بشكل حلزوني . وكلما ابتعدت الموجة تحدَّدت دوائر الشكل الحلزوني وضعفت قوته حسب قانون الانتشار ، ورقت الموجة أي قصر عرضها بين الارتفاع والهبوط ، ولـكن الموجة لا تزال تسرع مبتعدة عن المركز بالسرعة التي صدرت بها لأن السرعة تتوقف على دقة ذرات الوسط المتموّج (الأثير) وعلى كثافته . وهنـا نظن القارىء يسأل : لماذا تنتشر التموجات بشكل حلزوني .

٤ — الدوران الحلزوني

يمكنك أن ترى شبهاً لهذه الحركة الحلزونية إذا ملأت « طستاً » واسعاً ماءً ووضعت في وسط المسافة بين مركزه ومحيطه فلينة. ثم وضعت أصبعك في المركز وحرّكته حركة رحوية حول المركز . وإذا جعلت بدل أصـبعك خشبة بعرض سنتيمترين أو ثلاثة سنتيمترات وسماكة سنتيمتر واحد وطفقت تديرها بسرعة ترى الموج يتولد من هـذه الحركة بالشكل الحلزوني ، ولا تلبث أن ترى الفلينة سائرة ببطء حول المركز في اتجاه الدوران الذي أنت محدثه . وإذا لم ترَ دوران الفلينة منتظماً فلأن الموجات ترتد من محيط الطست مفسدة نظام الموجات الواردة من المركز والمصدومة بها .

تصور هذه الأمواج الحلزونية صادرة ، ليس من دوران الشمس على محورها فقط ، بل من بلايين الذرات التي تتألّـف الشمس منهـا ، وهي تدور على نفسها بنفس اتجاه الدوران الشمسي . فهذه البلايين من الامواج المنتشرة بشكل حلزوني من المركز الى اللانهاية هي ما يسمى « الجوّ الجاذبي » .

والآن لـكي تفهم هذه الصورة التالية جيداً تصوَّر الشمس وهي تدور على محورها وتصوَّر نتوآتها الذرية التي لا تحصى تصدم الاثير صـدمات عرضية أي معامدة لنصف القطر ، فتحدث أمواجاً عرضـية متتابعة لا يحصى عددها ، تنتشر من حول الشمس انتشاراً

حلزونيًّا في اتجاه دورتها المحورية . ولتسهيل التصور نقتصر على تتبع الامواج التي يحدثها نتوء واحد كل هنيهة . فترى ان الموجة الواحدة التي يحدثها النتوء لا تتم دائرة حول الشمس بل تلتف التفافاً من حول الموجة التي تليها . فاذا تصورت ان نبرات الشمس في دورانها المحوري تحدث بلايين الأمواج في البحر الايثري على هذا النحو ، أمكنك أن تتصورها ملتفة بعضها على بعض بالشكل الحلزوني وهي تصدم الايثر أمامها صدماً عرضيًّا معامداً لأنصاف أقطار الدائرة

ثم تصوَّر الارض على بعد من الشمس وهذه الأمواج تصدمها على نحوٍ ما تصوَّرناه آنفاً فلابدَّ من أن تتصوَّر أن الامواج تسوقها أمامها سوقاً ، أو تتصوَّر ان الأرض ، وهي قاصدة أن تقترب الى الشمس ، لا تستطيع الاقتراب لأن الأمواج تمنعها فتضطر ان تتدحرج أو تتزحلق على متون تلك الامواج في خطّ منحنٍ يتم في دائرة . فكأن الأرض تحت تأثير قوتين : قوة الانجذاب نحو مركز الشمس . وقوة الأمواج الصادمة لها في خط معامد لخط الانجذاب المذكور . ونتيجة القوتين المتعامدتي اتجاه السير في خط دائري — حول الشمس — هو الفلك (المدار) الذي تدور فيه الأرض من حول الشمس . ولولا هذه الأمواج الحلزونية الأيثرية لسقطت الارض على الشمس . هذه هي « الدافعية » أي القوة الدافعة عن المركز ،

ولعلك تظن انه ما دامت الأمواج تسوق الأرض أمامها وهي حلزونية فلا بدَّ أن تسير الارض في خط حلزوني أيضاً فتبتعد عن الشمس مع ابتعاد الامواج الحلزونية الدافعة لها .

نعم كان يجب ان تتباعد الأرض عن الشمس بفعل هـذه الامواج لولا ان هناك قوة التجاذب (او التقارب) بين الجرمين التي شرحناها آنفاً . وهذه القوة تقاوم قوة الأمواج العرضية وتوازنها ،

ولعلك تسأل : اذا قذفنا حجراً أو قنبلة قذفاً أفقيًّا ، فلماذا لا يستمر دائراً من حول الأرض كما يدور القمر من حولها . أو لماذا لا يسقط القمر الى الأرض كما يسقط الحجر اليها ؟

أقول ان الجواب على هذا السؤال هو لباب ناموس الجاذبية لأن هذا الناموس لا يقتصر على تجاذب الجرمين فقط ، بل يشتمل على ناموس سرعة الدوران — دوران الواحد من حول الآخر . فالسرعة هي أهم ضلع في الناموس ، لأن مقدارها المناسب للبعد عن المركز هو الذي

يقي الأرض من الهبوط الى الشمس ، كما أنه يعصمها من الشرود عنها ، وهو الذي يقي القمر من الهبوط الى الأرض أو الشرود عنها .

لو أمكننا أن نقذف قنبلة بسرعة ٩/١٠ أربعة أميال في الثانية لجعلت تدور من حول الأرض كسيار أو قمر حولها . ولو أمكننا أن نقذفها بسرعة خمسة أو ستة أميال في الثانية لشردت عن الأرض وتاهت في الفضاء . والسهم الذي زعموا أن الأستاذ جودارد الأميركي يبتغي قذفه الى القمر لا يمكن أن يبتعد عن الأرض اذا لم ينقذف بسرعة تزيد على خمسة أميال في الثانية . فأين القوة الأرضية التي تستطيع أن تحدث هذه السرعة ؟ كذلك القمر لو أبطأ معدل سرعته ولو بعض الميل في الثانية لهبط الى الأرض لا محالة ، ولو طرأت عليه قوة من عالم الغيب تزيد معدل سرعته لشرد في الفضاء .

بقي أن القارىء يستغرب أن ذلك الأيثر الذي حسبنا لطفه جزءاً من ملايين جزء من لطف غاز الهواء تستطيع موجته أن تدفع أمامها الأرض التي هي أكثف من الهواء عشرات المرات . ولكن اذا تصوّرت أنه ليس في البحر الأيثري قوة أخرى غير قوة أمواج الأيثر تتسلط على الأرض من أية ناحية البتة ، فمهما كانت قوة هذه الموجة ضعيفة في تصوّرنا ، فهي ذات قوة كافية لأن تدفع جرم الأرض معها ما دام ليس هناك قوة ضدها .

الفصل السابع

الجو الجاذبي

١ — الامواج الايثرية

هذا البحر الأيثري المتموج الذي يوجب دوران الأجرام حول مركز كما رأيت هو ما يسمى « الجو الجاذبي » أو « المجال الجاذبي » Gravitational Feild

وكان فارادي أول من نبّـه إلى الجوّ الجاذبي فقال ان الحديد الممغنط يحدث حوله جوًّا جاذبيًّا يوجب الحديد الآخر أن ينجذب نحوه . وكذلك الشمس تحدث حولها جوًّا جاذبيًّا يحتم على السيارات أن تنجذب نحوها ، أي أنها تلتوي في سيرها أو تنحني انحناءً يرسم دائرة حول الشمس .

هذه الأمواج الأيثرية التي يحدثها دوران الذريرات والذّرات وسائر الأجرام تنتشر بسرعة واحدة في الفضاء أو البحر الأيثري على سنّة « مربع البعد » أي انها كلما بعدت ضعفت قوتها .

كلها تسير بسرعة واحدة . ولـكنها تختلف بعددها (عدد الموجات) في الثانية . أي عدد الذبذبات Frequency وتختلف أيضاً بسعتها بين الموجة والموجة . وهذه السعة هي ما يعبرون عنه بطول الموجة (كما تعلم في اصطلاحات الراديو)

إذا ضربت عدد الموجات في الثانية في طول الموجة كان الحاصل ٣٠٠ الف وهو عدد ثابت لا يتغير ، وهي سرعة الأمواج مهما كان نوعهـا — نوريّـة أو موجات راديو أو أشعة سينية أو أشعة ما فوق البنفسجي أو ما تحت الأحمر الى آخره .

يتوقف هذا الاختلاف في عدد الموجات وطولها على اختلاف مصادرها . ولا متسع هنا لشرح هذه النقطة .

في الطبيعة عددٌ كبير من أصناف الموجات من حيث الطول وعدد الذبذبات . وهي

مرتبة ترتيب درجات السلم الموسيقية السبع . أي ان كل درجة من سلم أعلى تكون ذبذباتها مضاعف ذبذبات درجة تقابلها في سلم أدنى منه، وانما يكون طولها نصف طول هذه.

ونحن لا نشاهد منها إلاَّ السلمَ النورانية التي تنحل بالمطياف الى الألوان السبعة . وغيرها لا ترى كموجات الراديو أو الموجات السينية أو موجات ما فوق البنفسجي وما تحت الأحمر والأمواج الكونية الخ . ويبلغ عدد هذه السلالم أو الطبقات أو الطقوم الموجية نحو ٦٩ أو ٧٠ طاقماً .

القوة التي رفعت المياه بخاراً من البحر والبر ، والقوة التي خُزنت في أعضاء النبات والحيوان الخ صادرة من الشمس وقد حملتها هذه الأمواج التي نحن بصددها .

هذه الأمواج هي ما نسميها الأمواج الكهرطيسية أي الكهربائية المغنطيسية Electro-magnetic Waves ولا محل هنا لزيادة التفصيل .

٢ — الفوتونات

ظهر معنا أن القوة المحركة في الكون هي هذه الموجات التي تصدر من دوران ذريرات المادة وذراتها ومجموعات ذراتها .

ولكن هذه الموجات الدورانية ليست كل ما ينقل القوة من الذرات بل هناك شذرات تنتثر من الذرات وتمضي مع تلك الموجات وبسرعتها . واليك بيان أمرها : —

إذا أطبق كهيرب (الكترون) على بروتونه أفنى كل منهما الآخر كما يفنى الموجب والسالب اذا تلاقيا — يفنيان في لمعة موجية تنتشر في الفضاء — يعني انهما لا يبقيان بروتوناً ذا شحنة ايجابية وكهيرباً ذا شحنة سلبية، بل يتفتتان الى شظيَّات تسمى فوتونات (ضويئات) لا شحنة كهربائية فيها . وانما لها القوة التي كانت كامنة في الذرة . فتنطلق هذه الفوتونات في الفضاء بسرعة الموجات الكهرطيسية التي نحن بصددها .

هذه الفوتونات هي القوة المحمولة في الموجات ، أو لك أن تقول هي نفسها الموجات الكهرطيسية

متى أطبق الكهرب على البروتون لأي سبب (ولا محل هنا لشرح الأسباب) انحلَّ

الى عشرة الاف فوتون . ولما كان البروتون يزن ١٨٤٠ مرة وزن الكهيرب كان ينحل بنوبته الى ١٨٤٠٠٠٠٠ فوتون (ضُوَيْئة) .

النور والحرارة اللذان نحس بهما هما من هذه الفوتونات . وكذلك سائر أمواج الراديو وما شا كلها . وهذه الفوتونات هي التي يقع قسم منها على أرضنا بشكل حرارة ونور وما وراء البنفسجي الى آخره . هي القوة التي تخزن في عالمي الحيوان والنبات وتعود فتظهر بإحراقهما بالأوكسجين وبوسائل أخرى لا محل هنا لبيانها .

ويمكننا أن نقول إن العنصر الحيوي في الحيوان والنبات من مفعول هذه الفوتونات. والذين يتعرَّضون لنور الشمس وحرارتها بغية الحصول على أمواج ما وراء البنفسجي في أبدانهم قد لا يخطئون الاَّ بأنهم يفرطون في هذا الأمر الى حد الأذى وقد يكون شديداً. وقد يكون قاتلاً إذا تجاوز الحدود .

وتلك الموجات الكهربائية المغنطيسية التي تحملها أو تصطحبها هي التي تولد تيارات كهرطيسية أخرى في الكروموسوم (الصِّبْغي) في الخلايا الحية . وهي سر الحياة بحسب نظرية لاخوفسكي التي ظهرت حديثاً . وقد نشر المقتطف لي مقالة في شهر نوفمبر سنة ١٩٤٣ في هذا الموضوع .

تفقد الشمس بصدور هذه الفوتونات منها كل دقيقة ٣٦٠ طنًّا من مادتها .

وفي رأي بعض العلماء ومنهم العلامة تجايمس تجنز ان هذه الفوتونات هي ذريرات أثيرية أي إن البحر الأثيري هو فوتونات . كأن الأجرام والأجسام تولدت من هذه الفوتونات فلما فنيت عادت إلى بحر الفوتونات . « من الفوتون وإلى الفوتون تعود »

الفصل الثامن

نشوء الذريات والاجرام

يحسن بنا هنا أن نبحث في كيف نشأت الذريات والذرات والاجسام والأجرام بقوة الجاذبية أو بعمل خواص المادة الثلاث التي مرَّ ذكرها في نبذة ٣ من الفصل الرابع

١ — اصل السدم

شكراً للنور وللآلات البصرية التي اخترعها العلم لتحصيل النور واستكشاف نواميسه وخواصه — شكراً له ولها لانها جميعاً وَضعت تحت بصرنا كتاب الطبيعة المادية Cosmophysics مشتملاً على صور العوالم المادية من ملايين السنين الى اليوم . فهو يكشف لنا طبيعة مجموعات العوالم في عصور مختلفة ومتباعدة أكثر مما تكشف لنا الاحافير عن طبقات الارض

تصوَّر التلسكوب (المقراب) والسبكتروسكوب (المطياف) يجلوان لك كثيراً من ظاهرات سديم [1] يبعد عنا مئة مليون سنة نورية أو أكثر . يعني ان نوره يقضي هذا العدد من السنين لكي يصل الينا . فهو بعد مضي هذه السنين لم يبق كما نراه الآن سديماً غازيًّا بل لابد انه أصبح كمجرتنا . وقد تجمعت أجزاؤه في اجرام من شموس ومجموعات شموس (كوكبات) وربما كان بين شموسه شموس ذات سيارات كشمسنا . فبُعده السحيق عنا حفظ لنا في الفضاء صورته كما كان منذ مئة مليون سنة او مئات الملايين. فاذا وجهنا مرصدنا العظيم بمطيافه الى النواحي المختلفة في الفضاء او بالأحرى في الحيّز الكوني ، نرى سُدُماً مختلفة الأبعاد وبالتالي مختلفة المظاهر تبعاً لاختلاف أبعادها . فنرى بعضها في الحالة الغازية الصرفة كأنها لهيب مندلع، وبعضها كأنها ضباب محترق، وبعضها ضباب يشتمل على عقل أكثف من

---

(١) السديم مجموعة مادية عظيمة جداً كمجموعة مجرتنا ، ولكنه في الحالة الغازية

الضباب . وبعضها نجوم ومجموعات نجوم . وأقربها الينا اكثر مشابهة لمجرتنا وأبعدها غازيٌ صرف . فكل هذه الظاهرات الواصلة الينا على أجنحة النور اذا أدخلنا أبعادها المختلفة في الحساب تدلنا على انه لو كان في امكان عقلنا أن يتنقل بينها بأسرع من النور ألوف المرات أو فجأةً لكان يراها كلها متقاربة في النضوج الى مجرتنا . وربما كان بعضها أنضج منها

ومن ذلك نفهم أن كل جرم أو مجموعة أجرام أو كل مجرة كمجرتنا كانت في الأصل سديماً غازيّاً لطيفاً جدّاً . ثم جعلت ذراته تتجمع بعضها إلى بعض ، فتتكوَّن منها جماعات فجماعات أكثر من الأصل عدداً . ثم جعلت أجزاء كل جماعة منها تتجمع في جماعات أخرى أكثف منها فتتكوَّن مجموعات الأجرام الى أن بلغت مثل ما نرى في مجرتنا .

فلا شبهة في أن جميع العوالم كانت في الأصل سدُماً غازية لطيفة جدّاً . ثم تقلَّصت وتجمدت أجراماً . والمطياف (السبكتروسكوب) يقول لنا ان جميع هذه السدم متشابهة المادة تشابهاً كليّاً . مثلاً يريك في كل منها عنصر الهيدروجين أو عنصر الهيليوم وكثيراً من العناصر التي عندنا في أرضنا منها . بل يريك صفات البروتونات والكهيربات فيها جميعاً. ولا يخفى ما في هـذه الظاهرات من الدليل الجازم على ان السُّدُم جميعاً متكونة من أصل واحد أي من ذرات مادية متماثلة . فماذا كانت تلك الذرات ؟

لا يحتاج الجواب إلى تكهُّن أو الى تخرص . نحلل أية ذرة من الذرات المـادية التي عرفناها . فما تنحل اليه نهائيّاً فهو الذريرة التي تألفت منها السدم بل تؤلف السديم الأعظم الذي انشقت منه السدم وانفصلت بعضها عن بعض . فقد علمنا فيما سبق ان آخر جزء تنحل اليه الذرة هو الفوتون (الضوئة) . ولا نعرف ذريرة أدق من الفوتون أو أن الفوتون ينحل الى أجزاء أدق منه، حتى اننا لاعتبارات علمية اعتبرنا الايثر بحر فوتونات . (وتجيز يظن هذا الظن) وربما كان بحر ذريرات أدق من الفوتونات والله اعلم .

٢ — البحر الفوتوني أو الضوئي

هب أن ذريرة الايثر أصغر من ذريرة الفوتون وان الفوتون مؤلف من ذريرات ايثرية فمهما تمادينا في تجزئة المـادة فلا نستطيع أن نتمادى بلا تناهٍ . لأن عـدم التناهي خارج عن منطقة العقـل البشري فلا يتطوَّح العقل اليه ، ولأن المادة خاضـعة لتصوّر العقل

فلا بدَّ أن تكون متناهية التجزئة . ولأن الفوتون آخر أجزائها كما نعلم حتى الآن ، فلنا أن نفرض أن السديم الاعظم الذي اشتقت منه جميع السدُم كان بحر فوتونات . وإذا شئت أن تتصوَّر بحر ذريرات ايثرية أدق من الفوتونات فلا بأس . وإنما لكي نجعل حدًّا لبساطة المادة ودقتها نفرض الفوتون الذي لم نعرف حتى الآن ذرَّة أبسط منه وأدق — نفرضه أصلاً لمادة الكون (الهيولى) . هو عنصر البحر الايثري والمادي.

في هذه الحالة نتصوَّر الحيز الكوني المتناهي (لا الفضاء الخالي اللامتناهي الذي نعتبره عدماً) في البدء مملوءًا فوتونات منتشرة فيه على مسافات متساوية تمام التساوي . وقد حسب بعض العلماء ذرات أو جزيئات جميع المجرات والسدم الكونية فاذا هي ٧٩ صفراً عن يمين الواحد أي هي عشرة مضروبة بنفسها ٧٩ مرة . وتكتب بالاختصار هكذا ^{٧٩}(١٠) . وإذا كانت أصغر ذرة — الهيدروجن مثلاً — تنحل إلى نحو ١٨ مليون فوتون تقريباً (١٠٠٠٠) × (١٨٤٠) فيكون عدد فوتونات الكون ^{٧٩}(١٠) + ٥ × ١٨٤ أي ١٨٤ وأمامها ٨٤ صفراً . هذا ما عدا ذريرات البحر الأيثري التي يمكن استخراجها بحساب آخر ليس هنا متسع له .

ثم حسب بعض العلماء نصيب كل جزيء من الحيز الكوني إذا تشتتت أجزاؤه بالتساوي فيه فاذا هي من ٢ إلى ٣ يردات مربعة أي إنه بين كل جزيء وكل واحد من جيرانه نحو ٢ إلى ٣ يردات . وبناءً على هذا الحساب يكون نصيب الفوتون الواحد من الحيز الكوني نحو سنتيمتر مكعب ، أي ان كل فوتون يبتعد عن جيرانه نحو سنتيمتر . هذا اذا انحلت ذرات الكون كله الى فوتونات وتشتتت هذه في الحيز الكوني .

أضف الى هذا الحساب الذي لا يستطيع العقل تصوره ان النور يقضي نحو ١٠ آلاف مليون سنة لكي يقطع الحيز الكوني من جنب الى جنب . وثمَّ تصور ما شئت من سعة هذا الكون .

حساب آخر . وقد حسب هوبل رئيس مرصد جبل ويلسن (أعظم مرصد في العالم الآن) في أميركا أنه لو انتشرت ذرات جميع الأجرام والسدم وتوزعت في الحيز الكوني توزعاً متعادلاً لبلغت كثافتها فيه ١٥ جزءًا من ٣١ صفراً الى يمين الواحد من كثافة الماء . وتكتب

للاختصار هكذا: $١ر٥ \times (١٠)^{٣١}$. وبعبارة أخرى أن سنتيمتراً مكعباً من الماء يصبح حينئذٍ ١٥ الى يمينها ٣١ صفراً سنتيمترات مكعبة .

٣ — نشأة الكون الهيولي

تصوَّرنا الحيز الكوني المتناهي في بدئه مفعماً بفوتونات أو ذريرات ايثرية متماثلة وموزعة فيه على نسبة واحدة ، أي أن كثافتها فيه واحدة في أي منطقة في ذلك الحيز .

وهنا يقاطع القارىء حديثنا بالاسئلة التالية :

١ — من أين جاءت هذه الفوتونات (أو الذريرات الإيثرية ؟ أو كيف وجدت مرتبة هذا الترتيب ؟

الجواب إن هـذا السؤال استفزاز للعقل لـكي يثب من دائرة المتناهي الى دائرة اللامتناهي . وهو عاجزٌ عن هذا الوثوب .

إذا بحثنا عن سبب وجود فوتونات المادة ، أو إذا فرضـنا لوجودها سبباً أو موجداً انبرى أمامنا سؤال آخر ، وهو كيف وُجد ذلك السبب أو الموجد ؟ وعلى هذا النحو نستمر في سلسلة فروض لا نهاية لهـا . والعقل متناهٍ . فلا يستطيع أن يشمل اللامتناهي . تخيرٌ للسائل أن يكف عن هذا السؤال المحير لانه لا يستطيع أن يجد فيه مزيلاً لحيرته . فان كان يرتاح الى نظرية وجوب وجود الله موجداً للمادة ، فذلك خير ما يعتقده ويريح باله . اللهمَّ إذا كان لا يجد بدًّا من السؤال « من أوجد الله » . وحينئذٍ فافتراض ان المادة وجـدت هكذا وجوباً يغنيه عن هـذا السؤال . لان افتراض ان المادة وجدت هكذا وجوباً هو كافتراض وجود الله وجوباً . إذن فلنقل ان المادة وجدت فوتونات مرتبة هكذا بكيفيـة يستحيل أن ندركها أو أن نخمنها . وجدت والسلام . أو أن الله الواجب الوجود أوجدها وهو منظمها ومدبرها والبحث في أصل وجودها عقيم .

٢ — متى وجدت فوتونات المادة ؟

الجواب ان الزمان ليس شيئاً قائماً بذاته . بل هو تعبير عن حركة المادة . فاذا كانت المادة ساكنة بلا حركة — ان كانت قد وجدت ساكنة — فلم يكن ثمت مرور زمن إذ لا نجد أثراً في الـكون له . ولذلك لا نستطيع أن نعين لبدء وجودها زمناً . وانما نعين لبدء

حركتها زمناً سواء أكانت الهيولى أزلية أو حادثة. ولا يستحيل علينا أن نستنتج بدء ظهور حركتها، أي منذ كم من الزمن ابتدأت تتحرك. أي متى صارت الفوتونات تتألف في كهيربات وبروتونات؟ فان كانت قد وجدت متحركة فنعلم بدء حدوثها أو وجودها من معرفتنا بدء حركتها. وانما نبقى جاهلين كيفية ذلك الحدوث كما تقدم القول. فهلاً بهذا السؤال الذي يمكن الجواب عليه وازالة الحيرة فيه. وحينئذٍ يعلم القارىء أن لا أزل ولا أبد. بل هناك بداية للكون المادي الذي نحن فيه الآن وكما نعرفه وله نهاية على الأرجح (أنظر الفصل العاشر)

٣ — كيف نعلم ان المادة وجدت فوتونات أولاً ثم تألفت من الفوتونات ذريرات فجزيئات وتجمعت منها سدم وأجرام؟ ولماذا لا نقول إنها وجدت جزيئات تامة التركيب كما نراها في شمسنا وأرضنا؟ ولماذا لا نقول إنها وجدت ذريرات أصغر من الفوتونات وهذه الفوتونات تألفت منها؟.

والجواب. أننا نرى في السدم المترامية جميع درجات التركيب من الفوتونات إلى البروتونات والكهارب إلى الجزيئات الخ ولم نشاهد أو نعثر على ما هو أدق من الفوتونات فان كان هناك ما هو أدق منها فالى الآن لم نكتشفه. ولا كلام فيما نجهله جهلاً مطلقاً. وفي أرضنا نرى خليات حيوية مؤلفة من جزيئات أيضاً. وكل ذلك يدلنا على أن التركيب حادث في المادة بعد وجودها. فلا يمكن أن تكون قد وجدت هكذا كما نراها مادمنا نرى تركباً وانحلالاً. نرى في درجات السدم دلائل التكاثف والتركب واضحة كالنهار. فنتأكد أن التركب طبع في المادة. واذن ابتدأ التطوُّر منذ كان الحيز الكوني بحر فوتونات فقط.

٤ — بالبرهان على أن الحيز الكوني الذي كان مملوءاً فوتونات فقط ومتوزعة فيه بالتساوي، كان متناهياً أي له حجم مقرَّر. ولماذا لا يقال أنه غير متناهٍ؟

الجواب: ان العلم مكننا من ارتياد الكون وأقنعنا بانه متناهٍ، وان الحيز الذي يشغله محدود الحجم. وعلمنا أو اكتشافنا محصور في هذا الحيز المحدود، وبعده لا ندري شيئاً إذ لا وسيلة لاتصالنا بما بعده كما لنا وسائل الاتصال بجميع نواحي حيزنا هذا. ولكن جهلنا بما بعده لا ينفي نفياً قاطعاً امكان وجود حيز أو حيزات كونية أخرى لا وسيلة عندنا

للاتصال بيننا وبينها فهي بالنسبة الى عقلنا في حكم التخيل الظني فقط اذ لا تأثير لها على عقليتنا. فكأنها من مستنبطات عقلنا فقط. ولذلك من السخف ان نفرض أو نزعم أو نعتقد بما ليس له صلة بحواسنا أو عقلنا أو تعقّلنا.

إذن نحصر بحثنا في حيز كوننا المادي فقط لأن لنا اتصالاً حسيًّا بنواميسه، ولأن هذا الاتصال ينتهي عند حدود نستطيع أن نقيس أبعادها بالتقريب.

٥ — هل وجدت المادة متحركة أو ان الحركة طارئة عليها؟

الجواب: ليس لأي من الأمرين جواب يرتاح اليه العقل أو يزيل الحيرة. فقد يمكن انها وجدت متحركة. ولا جواب للسؤال «كيف وجدت متحركة» إلاّ الجواب الذي بسطناه للسؤال الأول. وقد يمكن أن تكون الحركة طارئة عليها بعد وجودها. وحينئذٍ يتصدر السؤال التالي: —

٦ — إذا كانت الحركة قد طرأت على المادة بعد وجودها فما هي القوة التي أحدثتها؟

والجواب على هذا السؤال من رتبة الجواب على السؤال الاول. فيستحيل على العقل البشري أن يتصوَّر قوة مستقلة قد حرّكت المادة أو أثارتها فتحركت. لانه في الحال يقوم أمامه سؤال آخر وهو: ما هي هذه القوة. أو إذا كان يعتقد انه ليس هناك شيء قائم بذاته يسمى قوة، بل ان ما نعنيه بالقوة وما عرفناه منها انما هو حلقة من سلسلة حلقات الحركة — اذا كان العقل البشري يعتقد هكذا فلا بدّ أن يسأل ما هي الحركة السابقة التي أحدثت حركة الفوتونات. وهكذا يدخل في سلسلة غير متناهية من الأسئلة.

فاذن نترك البحث في اللامتناهي لأنه عقيم ونبحث في تطور المادة كما رأيناها منذ بدء تحركها، سواء أكانت قد وجدت ساكنة فطرأت عليها قوة فحرّكتها. أم وجدت متحركة فشرعت تتطوَّر.

الفصل التاسع

تطور الكون

١ — وجوب وجود المادة متحركة

نعود إذن إلى تصور الحيّز الكوني مفعماً فوتونات فيها نزعة طبيعية إلى التقارب بعضها الى بعض ، ونزعة أخرى وهي الدوران المحوري الذي أشرنا اليه مراراً فيما سبق ومن هنا نعتبر بداءة تطورها .

نزعم انها ابتدأت بتطورها من حالة كونها موزعة فوتونات في الحيز الكوني بالتساوي. لاننا نرى دلائل التصور في سُدُمها واضحة كالنهار كما قلنا ، فلا بدّ أن تكون هذه الحالة من درجات تطورها ان لم تكن أولى درجاته . فصار السؤال الآن كيف شرعت تتطوّر من بعد وجودها في هذه الحالة .

نراها الآن بواسطة المراصد كما كانت منذ ملايين السنين : مجموعات سُدُم غازية متفاوتة الكثافة ، مختلفة الأشكال بعض الأختلاف ، متقاربة الأحجام . وكلها تدور على محاورها . فاذاً ، كيفية نشوئها واحدة ، كما ان المادة التي تكونت منها واحدة (الشكل والطبع) . فكيف نشأت متنوعة ؟ وما هي أسباب بعض الاختلافات في أشكالها وأحجامها وأوزانها .

والجواب الاجمالي انها نشأت بكيفية التكاثف في البحر الفوتوني . فكيف حدث هذا التكاثف ؟

نتصوّر هذا البحر الكوني الفوتوني ككرة عظمى يحيط بها العدم . ونتصوّر حركته أول أمرين أو كليهما معاً . الأول أن في كل ذرية (فوتون) نزعة طبيعية للاقتراب الى أقرب فوتون اليه . والأمر الثاني . كل فوتون يدور على نفسه دورة مغزلية (على محوره) . حتى اذا تحرك في اتجاه محوره كان يمر في الفضاء كالبرغي في الخشب . فرضناه هكذا لأن بعض العلماء مثل تجينز يعتقد أن الفوتون ينتشر من الذرة مندفعاً وهو يدور على نفسه

(على محوره) مارقاً في الفضاء بحركة حلزونية . هذا اذا تحرك محوره .وقد يتحرّك في اتجاه دورانه ، فتكون حركته كأنه يتدحرج في الفضاء كالعجلة .

يحتمل أن يكون الفوتون أو الذرية الايثرية الأولى قدابتدأت بالتحرك بحركة التقارب فقط، ثم جاءت حركة الدوران بعدئذٍ كنتيجة للتطور . أو يحتمل أيضاً انها ابتدأت بالتحرك بالحركتين معاً أي حركة الدوران وحركة التقارب .والحركتان معاً نتيجتا التطور وإنما هنا يتعذر على العقل السليم أن يتصوّر أن حركة الدوران نزعة طبيعية لحركة التقارب . ولا بدّ إذ ذاك من التشدّد في السؤال : أية قوة دفعت الفوتونات في هذه الحركة . وحينئذٍ نعود فندخل في دائرة اللامتناهي التي ينصرع العقل فيها حتى ولو فرضنا ان القوة المحركة للفوتونات قوة إلهية . لأن هذا الفرض ليس أقرب الى العقل من نسبة الحركة لطبيعة الفوتونات نفسها. ولأنه لا ينقذ العقل من ورطة اللامتناهي ، لأنه لا يستطيع أن يتملص من سؤال آخر وهو : من أين جاء ذاك المحرك الاول بالحركة ؟ أو من أين استمد قوته ؟ فان فرضنا محركاً آخر قبله مَنَحَهُ هذه الحركة درجنا في سلسلة اللامتناهي التي لا يخرج منها ولا يستقر فيها العقل مقتنعاً راضياً . فاذا لم يكن بدٌّ من فرض قوة واجبة الوجود كأصل أو علة لوجود الكون متحركاً أو لتحرك المادة فماذا يمنع أن تكون المادة المتحركة هي نفسها واجبة الوجود ؟ ولماذا نقدّم عليها قوة لا مزية لها وليس فيها اقناع للعقل أكثر مما في وجوب وجود المادة نفسها ؟ .

على أي حالٍ القارىء حرٌّ في تعليل وجود المادة متحركة . ونحن نبتدىء في شرح تطور الكون المادي من وجود بحر فوتونات لها على الأقل نزعة التقارب

٢ — ناموس التكاثف

في هذه الحالة نرى بعين العقل كل فوتونة بين ست فوتونات من حولها في الجهات الست وهي ميّالة للدنوّ الى كل واحدة منها، أو بتعبير الاصطلاح الجاذبي كل واحدة راغبة في استدعاء أية واحدة من اللواتي حولها اليها . ولأنهنّ جميعاً على مسافات متساوية بينهنّ فلا تستطيع الواحدة منهنّ أن تختار واحدة دون الأخريات حتى ولو كانت لهنّ خصلة الدوران المحوري .

فاذا فرضنا ان الكون غير متناه بل هو يمتد من جميع النواحي الى ما لا نهاية له ، وهو أمر يستحيل تصوّره فتكون الذرات الأيثرية أو الفوتونات في وضعها الذي تصورناه متوازنة فيما بينها . وليس ثمت من داعٍ أو عامل لتحريكها بعضها نحو بعض. بل تبقى كذلك الى أبد الآبدين . أو الى ان تطرأ عليها قوة أجنبية تحركها وتخل توازنها هـذا فتشرع في تطورها تجمعاً وتفرقاً . فأين القوة الأجنبية

وانما نحن علمنا أن الحيّز الكوني متناهٍ أي محدود الحجم حوله فراغ نعتبره عدماً . وليس عنـدنا دليل قط انه انشقّ من كونٍ أعظم غير متناهٍ ، وان كان هذا لا يستحيل حدوثه ، إلاّ عند عقلنا الذي لايستطيع تصور اللامتناهي .

فلنبقَ على فرضنا الأول وهو أن كوننا المادي وحيدٌ فريدٌ. وقد وُجد منذ الأزل بحر فوتونات بشكل كروي يحيط به الفراغ المطلق أو العدم . وحينئذٍ نرى الفوتونات متوازنة فيا بينها إلاّ في قشرة سطحه الكروي . فهناك نرى كل فوتون منجذباً الى خمس فوتونات من جهات خمس دون الجهـة السادسة ، وان التوازن في القشرة السطحيـة مختل . واذن فوتونات القشرة تدنو الى ما بين الخمسة بحسب قانون تعدّد القوات المتسلطة على جسم واحد واختلاف جهاتها كما هو معلوم في علم الطبيعة . وحينئذٍ تصبح فوتونات الطبقة التي تحت القشرة أكثر عدداً وتقارباً فتجذب فريقاً من الطبقة التي تحتهـا ويحدث تجمع في قشرة جديدة فتختل الموازنة في الطبقة الرابعة وتهبط الى طبقة تحتها ويحدث تجمع آخر قد يكون أعظم من التجمع الأول أو أقل .

ولا يخفى انه اذا اختلّ التوازن في ناحية اختلّ في جميع النواحي ، وحينئذٍ يطلق العنان لحركة التقارب والتباعد في كل ناحية . ولا يمكن تصوير كيفية ذلك بانتظـام . فهو في نظر العقل البشري سلسلة مصادفات لا ضابط لها . وهكـذا تحدث تجمعات متوالية تتعاضد بينها قوات تقارب مختلفة . ومهما كانت الطبيعة منظمة ومحافظة على التشاكل Symetry فلا بدّ أن يزداد اختلال التوازن من كل ناحية .

وفيا نحن نتصور التجمع في طبقات غضضنا النظر عن اختلال التوازن في الطبقات الكروية نفسها الأمر الذي يمزقها الى تجمعات صغيرة . وهـذا التمزق محتمل جدًّا بل هو

منتظم اذا كان عدد فوتونات القشرة وتراً لا شفعاً ، أو وتر الوتر بحيث يستحيل أن تنقسم القشرة الى جماعات متساوية العدد من غير فضلة ، فالفضلة وحدها إما أن تكون مجموعة أصغر أو ان تنضم الى مجموعة أخرى أكبر. وهذا التفاوت في أحجام المجموعات واختلاف المسافات بينها يزيد في اختلال التوازن وينشيء اضطراباً في بحر الحيّز السكوني الفوتوني . وحينئذٍ نستطيع أن نتصور ذلك البحر الايثري اللطيف يتحوّل رويداً رويداً الى جماعات غيمية هنا وهناك بتناسب قليل وهي ما يسمونه سُدُماً (جمع سديم)

يمكنك أن تتصوَّر هذه الدرجة الأولى في نشوء الكون المادي وتصوّره اذا ملأت اناءً حليباً ثم عصرت عليه ليمونة حامضة . يكفي أن تهزّ الاناء قليلاً فترى زلال اللبن تكتل كتلاً متقطعة . واذا ساعدت حركة التكتل بان تحرّك اللبن بملعقة لكي يتوزع فيه حامض الليمون رأيت الكتل متوزعة في مصل اللبن الصافي هنا وهناك . ولولا جاذبية الأرض لما كنت تراها ترسب متجمعة بل تبقى متوزعة في كل ناحية من المصل وتبقى في حركتها الدورانية التي أحدثها التحرك بالملعقة الى الأبد .

على هذا النحو نشأ التكاثف الأول في بحر الحيز الكوني وتولدت التكاثفات المتعددة التي هي السُّدُم الأولى. وهي الدور الثاني من ادوار الكون المادي. Condensations

٣ — ناموس الدوران

هذا التكاثف استلزم الحركة — حركة الانتقال في الحيز من نقطة الى نقطة — وقد فرضنا انها طبيعة في الفوتونات ومتبادلة بين بعضها والبعض على قاعدة ان الأقرب يقترب الى الأقرب . والعدد الأكثر يستدني العدد الأقل .

فاذا فرضنا ان جميع فوتونات الطبقة السطحية تهبط الى الطبقة التي تحتها (نعني الى جهة المركز) وكلتاهما الى ما تحتهما كانت النتيجة تقلص البحر الفوتوني وتكاثفه في كرة أصغر الى أن يصبح أخيراً جرماً واحداً عظيماً كثيفاً جدًّا . وأكثفه في مركزه بحيث لا يستطيع العقل تصور مقدار كثافته . ولا حركة دورانية فيه بل يكون بجملته ساكناً وأجزاؤه ساكنة بنسبة بعضها الى بعض . ولكن المشاهد في تعدد السدم يخالف هذا الفرض الذي ترفضه طبيعة الحال وينقضه قانون التجمع والتكاثف كما رأيت . فقد رأيت ان الاختلال في

التوازن بين الفوتونات يجعل حركات التجمع مختلفة الاتجاه الى جميع الجهات . ولذلك تحدث عدة تكاثفات .

ولذلك إذا تصورنا أن حركة التقارب بين الفوتونات وبين جماعاتها المتكونة حديثاً غير متجهة كلها اتجاهاً واحداً نحو مركز الحيز الكوني ، بل بعضها معامد وبعضها معارض على زوايا مختلفة وبعضها معاكس ، فحينئذٍ نقدر أن نتصور التكاثف مبتدئاً بحركة دورانية منذ بدأ تكاثف الطبقة الخارجية الأولى .

وبعدئذٍ نتصور كل تكاثف آخر مجارياً للتكاثف الأول في اتجاه دورانه . وحينئذٍ نرى البحر الكوني كله دائراً حول مركزه بسرعات مختلفة في مناطقه بعضها أسرع من بعض . وبعضها أبطأ من بعض وانما كلها تدور في اتجاهٍ واحد .

وإذا صح افتراضنا هذا وعززته الظاهرات وهو أن للفوتون حركة طبيعية أخرى أي حركة الدوران المغزلي مع حركة التقارب كان ثمت سبب آخر لتكون التكاثفات دائرة على محورها . وهو اكتساب هذا الدوران من دوران الفوتونات .

نرى شاهداً على هذا في الجيروسكوب فانه يدير معه الوعاء الذي هو فيه إذا لم تمنعه قوة أخرى. فاذا تصورت الفوتونات كلها تدور على محاورها في اتجاهٍ واحد سهل عليك أن تتصور مجموعاتها متخذة هذه الحركة نفسها وفي نفس الاتجاه . فالحركة الدورانية Angular Momentum التي يكتسبها الكل من أجزائه هي سنة طبيعية منطقية . ومن هذا القانون نشأ قانون بقاء الحركة الدورانية أي دوامها Conservation of Angular Momentum وتوزعها من الكل على الأجزاء التي تفرعت منها كما هي مشروحة في متون علم الميكانيكيات . فاذا تشبع ذهنك بهذا القانون جيداً سهل عليك أن تتصور دوران السدُم وأجزائها كأنها موروثة من أصل واحد وهو دوران البحر الكوني منذ اختلال توازنه وبدء اضطرابه .

وكلما استقل تكاثف أو سديم (كما هو مصطلح على تسميته) بنفسه ورث حركة الدوران هذه من الأصل الذي اشتق منه وجعل يدور على نفسه بنفس الاتجاه . وان وجدت بعض السدُم تتحرك أو تدور باتجاه مخالف للاتجاه العام فبسبب شيء من فوضى التكاثف والاشتقاق التي أحدثها اختلال التوازن كما تقدم القول . لأنه في بحر عظيم كهذا مؤلف من ذرات صغيرة بالنسبة الى عظمه وحركتها زهيدة بالنسبة اليه لا يمكن أن يشرع بتحركه الدوراني كمجموع تحركاً تام الانتظام والتشاكل بين أجزائه Symmetrical . فلا بد من حدوث شواذ زهيدة بين حركات أجزائه . فهذه النتيجة أي دوران متجمعات الفوتونات هي ما نراه في السدم الموجودة الآن والتي نرصدها ونرى نماذجها في أدوارها المختلفة .

تراها جميعاً تدور على محاورها بسرعات متفاوتة من شبه السكون الى سرعة مئات الأميال بالثانية حسب موقعها في المجموع ، وبعدها عن المركز .

٤ — بدء عمل الجاذبية وقانون التكاثف

متى شرعت مادة الحيز الكوني تتكاثف على نحو ما شرحناه يشرع ناموس الجاذبية يتضح لنا جذباً فدفعاً . لأنه حالما يبتدىء التكاثف يبتدىء أيضاً تكون البروتونات والكهارب اذ لا يوجد مانع يمنعها من التكون ما دامت موادها موجودة والحركة اللازمة لها حادثة . وحينئذٍ نرى الذريرات تتكوَّن من الفوتونات والذرات من الذريرات والجزيئات تتألف كيماويًّا ونرى بقيات باقية من ذريرات البحر الفوتوني أو ذريرات البحر الايثري إن كانت غيرفوتونية تنصدم من دوران البروتونات ودوران الكهارب حولها.

وبالاختصار نقول ان قانون الجاذبية العام جذباً ودفعاً يشرع عمله بوضوح . وعليه فعملية التكاثف تكون خاضعة : — أولاً لقوة الجاذبية . وثانياً اسرعة الأجزاء التي يتكوَّن منها التكاثف بحيث لا يزيد السديم المتكوّن عن حجم محدود ولا ينقص عن حجم آخر محدود وإلاَّ فلا يثبت . أي انه يجب أن يكون توازن بين قوة الجاذبية فيه وسرعة دوران أجزائه حول مركزه . وإلاَّ فهو مقلقل مزعزع (راجع قانون المسارعة في الملحق الثاني) .

ولا يخفى ان قانون بقاء قيمة الحركة الدورانية أي دوامها Cons rvation of the Angular Momentum يقضي بأن لا تتلاشى قيمة الحركة الدورانية بل هي ككل حركة يمكن أن تنتقل من جسم الى آخر أو تتوزع الى أجسام في الحيز حسب اتساعه . وبموجب هذا الناموس كلما تقلص جرم أو سديم وصغر حيزه ازدادت سرعة دورانه لأن قيمة حركته الدروانية لم تنقص بنقص حجمه . جميع حركات الدوران على الأرض متمشية على هذا القانون . والمشاهد من حركات السدم والأجرام الدورانية يطابق هذا المبدأ والقانون كل المطابقة .

***

بقيت أبحاث أخرى في تناسب المتجمعات الكبرى للصغرى . ونشوء المجموعات الكروية المسماة « الكوكبات العنقودية globular clusters التي كل كوكبة منها تدور على محور واحد كأنها كتلة واحدة متصلة بعضها ببعض مع أن بينها أبعاداً شاسعة . وهناك اعتبارات لم يعد يسع المقام الاسترسال فيها . (تراها في كتابنا نشوء الكون وتطوره المعد للطبع) .

الفصل العاشر

تمدد الـكون وتقلصه

رأينا في الفصل السابق ان عناصر المادة تتحول تدريجيًّـا من ذرات الى فوتونات تتفانى في بحر الأثير بسبب ان الأحداث المختلفة في الطبيعة تفضي الى اطباق الـكهرب على البروتون فينطلقان فوتونات في أشـعة كهرطيسية في ذلك البحر الايثري كما علمت . فمادة الـكون إذن تتناقص تدريجيًّـا بسبب هذا التشعّـع .

وقد حسب العلمـاء الأخيرون ان الشمس تنقص بهـذه التشععات المتوالية كل ثانية ٤ ملايين طن من وزنها تقريباً أو نحو ٢٥٠ مليون طن كل دقيقة فبعد ملايين السنين تذوب الشمس (وكل جرم) ذوبان قطعة الجليد في ماء البحر . وهناك من يقول ٣٥٠ طنًّـا في الدقيقة . والعلم عند الله .

ولا يخفى انه كلما نقصت مادة الشمس وخفّ وزنها ضعفت قوة جاذبيتها . لأن الجاذبية تتوقف على حاصل ضرب ذرات الجرمين المتجاذبين كما علمت في فصل قانون الجاذبية . وبالتالي تتباعد سياراتها عنها . وقد حسب تجينز ان الأرض تبتعد في فلكها عن الشمس بهذا السبب نحو يردةٍ كل قرن من السنين . وعلى هـذا القياس تتباعد السيارات عن الشمس . وتتباعد الاجرام بعضها عن بعض لهـذا السبب عينه . فتنتفخ المجرة لتباعد أجرامها وكوكباتها . وعلى هـذا النحو تتباعد المجرات أيضاً . فالـكون كله ينتفخ رويداً ويتسع حيّـزه .

ليس هذا الانتفاخ الـكوني مجرد تكهن أو تخرص او تفلسف . وانما هو حقيقة واقعة مشاهدة . فقد شاهد هوبل مدير مرصد ويلسن (أعظم مرصد في العالم اليوم) في كاليفورنيا أن الاجرام السحيقة تتباعد بسرعات مختلفة لا تـكاد تصدق .

فهذا الـكون العجيب العظيم الذي تجمعت فيه ملايين المجرات مصاب بمصيبتين : الأولى انه يتشتت بسرعة في الفضاء الفارغ . وعلى التمادي يملأ حيّـزاً اكبر، يضاعف أضعاف حيزه الحـالي . والثاني انه يضمحل تدريجيًّا في امواج كهرطيسية حاملة فوتونات الى ان تمتزج فوتوناته في البحر الايثري ، وتلتبس فيهِ كمادة منهُ .

وتجينز يقول انه بعد هذا الاضمحلال النهائي على هذا النحو تعود الذريرات الفوتونية الايثرية تتجمع في كهارب و بروتونات فذرات فجزيئات فكتل أجرام وجماعات اجرام الخ — تعود تتجمع بقوة التجاذب بينها كما فعلت اولاً على نحو ما شرحناه في الفصل السابق. فكأنَّ الكون يعيد رواية نشوئه وتطوره من جديد. والله أعلم كم أعاد هذه الرواية قبلاً وكم يعيدها بعدُ. ذلك هو الأزل. وهذا هو الأبد — السرمد الذي تقف عنده الافهام حائرة ذاهلة.

أجل ان الكون الأعظم ينشأ ويتطوَّر ويشيخ ويضمحل مرة بعد مرة الى ما لا نهاية له كما كان لا بداية له . فهو تطور دوري يطوي في كل دور ملايين ملايين الأدهار والأحقاب.

وكان اينشطين قد قدر بحسب نسبيته ان للكون الأعظم الشامل ملايين المجرَّات قدراً معيناً من المادة يشغل حيزاً معيناً من الفضاء بشكل بيضة فارغة لا زلال فيها ولا مح. أي ان مادة الكون تشغل قشرة البيضة فقط . وضمن هذا الحيز البيضي فراغ مطلق وحوله فراغ مطلق أيضاً . وقال ان حجم الكون هذا وشكله ثابتان لا يتغيران . ومجال الحركة فيه مقتصر على هذه القشرة .

ولكن لما أعلن هوبل أرصاده عن تباعد الأجرام والمجرات قام دي ستر ودرس أرصاد هوبل و برهن ان الكون الأعظم آخذ بالانتفاخ ، أي انه ليس ثابت الحجم كما قال اينشطين . ثم حسب دي ستر سرعة الأجسام أو الأجرام المتباعدة ومعدل الانتفاخ . ولكنه لم يقل متى ابتدأ الانتفاخ أي لم يبين الحالة التي كان عليها الكون حين ابتدأ ينتفخ .

وكان الأب ده لامتر العالم البلجيكي انه لما اطلع على نظرية اينشطين نشر رسالة في احدى المجلات الحقيرة (لأنه لم تتكرم مجلة معتبرة بنشر رسالته) فحواها ان الكون كما وصفه اينشطين ، واستنتج حجمه وشكله من نظريته النسبية لا بد انه ابتدأ صغيراً جداً ثم جعل يتمدد حتى صار كما هو الآن . والاَّ لما اقتضى أن يكون فارغاً في داخله . ان تفرُّغه الداخلي دليل قاطع على انه كان كتلة كثيفة متجمعة حول المركز ثم صار ينتفخ كانتفاخ فقاعة الصابون اذا نفخت فيها .

فلما ظهرت أرصاد هوبل وأبحاث دي ستر عاد العلماء الى رسالة الأب لامتر التي لم يعيروها سابقاً أقل اعتبار ، وقالوا كما قال ، ان الكون يتمدد باستمرار . فالأب لامتر عرف بالمنطق والحساب ما اكتشفه هوبل بالرصد .

الكون ابتدأ كما برهن الأب لامتر .
وهو الآن كما برهن اينشطين .
ومستقبله كما برهن دي ستر .
أما اينشطين فلما سمع بخبر أرصاد هوبل ذهب الى أميركا ونظر بنفسه الأرصاد ورصد مع هوبل فاقتنع بنظرية التمدد ونقح نظريته في شكل الكون وتمدده .

***

وهنا يرى القارىء أن الجاذبية تلعب دورها في هذا التمدد كما لعبت دورها في التجمع .
وقد علم القارىء أن الجسم أو الجرم المندفع يأخذ بالطبع في سيره خطاً مستقيماً . ولكن قوة جاذبية المركز تلويه نحوها . أي انه لولا جاذبية المركز لبقي مندفعاً في خط مستقيم .
ولذلك إذا كانت قوة الجاذبية تضعف قرب المركز بسبب نقص مادتها فلا بدّ أن يضعف إحناؤها لهُ . وبالتالي يبتعد خط الانحناء أي انه يميل الى خط الاستقامة ما استطاع ، كالقضيب المرن إذا لويته يظل يميل الى الاستقامة بقدر ما تخف قوتك في إمالته . وهكذا الجرم يميل الى خط الاستقامة ما استطاع أو بقدر ما تطلق له قوة الجذب الحرية للعودة نحو خط سيره الأصلي (المستقيم) .
وقد نسبوا هذا الشرود عن المركز الى قوة النزوع الى الاستقامة على نحو ما قلنا هنا . وسموها قوة الدفع الكوني Cosmic Repulsive أي ان للجسم المندفع نزعة طبيعية الميل الى الاستقامة .
لدى هذا التطور الكوني العظيم يقف العقل البشري مدهوشاً ذاهلاً .
ولماذا هذا الذهول . أليس ان العقل نفسه هو الذي غاغل في أعماق هذا الكون وأدرك هذه الحقائق .
فما باله يدهش مما اكتشف وعرف .
أجل ، يذهل لأنه يرى نفسه حقيراً لدى عظمة هذا الكون العجيب .
لا . لا تستصغر نفسك أيها العقل الأعجب والأعظم .
« أتزعم انك جرمٌ صغيرٌ وفيك انطوى العالم الأكبر »

الخاتمة

تلك هي الجاذبيـة التي فتح الفيلسوف الأكبر اسحق نيوتن بضبط سننها بوابة حقل الطبيعة . ودعا رجال العلم منذ عصره الى اليوم لـكي يدخلوا الى ذلك الحقل الواسع الأرجاء ويطلعوا على ما فيه من كنوز عرفانية باهرة .

لا ريب أن الفتح العلمي الذي فتحه نيوتن كشف عن معظم أسرار الطبيعة، وبدّد دياجير الجهل ومحا ظلاله، وفتح البصائر المنيرة لرؤية خبايا قوات الطبيعة واعتقالها لنفع المجتمع الانساني. منذ عهد نيوتن الى اليوم تقدّم العلم النظري والعرفان العملي عشرة أضعاف ما كان قبله . وكان انه انقضى نحو ألفي سنة من عمر العلم الذي انتهى به عصر الجهل المطبق والعلمـاء ما زالوا يتخبطون في دياجير الخرافات والترهات ويبنون على أضاليلهم عقائد فاسدة ويعتسفون طريق الهدى في مسالـكهم العملية الى أن جاء نيوتن .

وما خبَّ الانسان خبَّـه المتسارع في الاكتشاف والاختراع وفي العلم خاصة إلا بعـد اكتشاف نيوتن سنّـة الجاذبية وانتشار نظرياته في المبادىء الطبيعية التي تبسَّط فيها في ثلاثة مجلدات إذ أصبحت القواعد الأساسية التي يبنى عليها كل علم حديث تقريباً .

ففي عوالم الفنون الهندسية وفي الصناعات والزراعات وسلك البحور وفي الاختراعات التي لا تحصى ، النافعة والتي أسيء استعمالها كالأسلحة المختلفة — تجد السنن والمبادئ الطبيعية التي كشفها نيوتن ظاهرة في صلبها جميعاً ناتئة في حواشيها مائلة بطونها .

حتى في الاقتصاديات والسياسيات وسائر الاجتماعيات تجد ، إذا غلغلت فيها ، سنن نيوتن ومبادئه الطبيعية عاملة فيها.

فلا ريب ان العصر منـذ عهد نيوتن الى اليوم يعد سيد العصور الأعظم في العلم والاختراع . فهو على رأس العصور السالفة كالهرم البـاذخ الراسخ بين هضاب الصحراء وذلك الفيلسوف العظيم بين الفلاسفة العظماء منذ عهد طاليس الى اليوم هو كالشمس بين السيارات والنجوم التي تختفي تحت سطوعه .

ان جاذبية نيوتن ومباحثه في النور وطيفه ومبادئه في الطبيعـة أنارت الطريق أمام أساطين العلم مثل هرتز وهولمز وفاراداي ومكسوبل وميكاسون واينشطين وعشرات غيرهم ممن غابوا عن الذهن الآن .

لا ريب ان العقل البشري اتسعت تصوراته وعمقت تبصراته بعد نيوتن أضعاف ما كان شأنه قبل ظهور ذلك العَـلَم المفرد . اذا كان في اللغة أبلغ من كلمة عبقري فهي لنيوتن وحده والا فهو العبقري الأوحد وغيره ممن نلقبهم بالعباقرة مقتثون .

انتهى

الملحقات الرياضية

لمن يشاء الاطلاع على البراهين الرياضية للقوانين الواردة في هذا الكتاب .

الملحق الاول

ملحق نبذة ٢ من الفصل الثاني

قانون جاليليو لسرعة الاجسام الساقطة

لاحظ جاليليو ان الجسم الساقط يتسارع بسقوطه ووجد بالاستقراء والاختبار ان سرعة سقوطه تزداد كلما اقترب الى الارض . فعلى سطح الأرض يهبط الجسم في نهاية الثانية الاولى ٣٢ قدماً . ولأن سرعته في أول الثانية صفر وفي نهايتها كلها ٣٢ فيكون متوسط سرعته $\frac{٠ + ٣٢}{٢} = ١٦$ قدماً في الثانية الأولى .

وفي الثانية الثانية يكون $١٦ + ٣٢ = ٤٨$

وفي الثالثة الثالثة يكون $٤٨ + ٣٢ = ٨٠$

وهلمَّ جرًّا . وإذا أردت مجموع السقوط في عدد من الثواني فاستعمل القاعدة التاليـة لقانون المسارعة ، أي تزايد السرعة هكذا :—

رمز عن المسارعة بحرفي مس وعن مدة الثواني بحرف ث. فمعدل (أي متوسط) سرعة الجسم الساقط اذن $\frac{مس \times ث}{٢}$ في المثل الأول

فاذا ضربنا هذا المتوسط بعدد الثواني ث التي يقضيها في الهبوط كان مقدار المسافة التي يهبطها في عدد معين من الثواني مساوياً $= \frac{مس \times ث^{٢}}{٢}$

بهذه العبارة الرياضية يمكنك أن تحسب كم من الاقدام سقط الجسم في أثنـاء عدد من الثواني. وذلك بأن تضرب مربع عدد الثواني بالعدد ٣٢ وتقسم الحاصل على ٢ ، احفظ هذا ببالك :—

$$مسافة\ الهبوط = \frac{مس\ ث^{٢}}{٢}$$ (معادلة اولى)

جدول الامثلة

على قانون المسارعة

مربع الثواني بـ ٣٢ مقسوم ÷ ٢ = ١٦	مجموع أقدام السقوط في الثواني كل ثانية	المجموع معا سبق	معدل السرعة كل آخر ثانية	السرعة الاضافية	عدد الثواني
	١٦				الاولى
(٢)^{٢} × ١٦ =	٦٤ =	١٦ +	٤٨ = ١٦ +	٣٢	الثانية
(٣)^{٢} × ١٦ =	١٤٤ =	٦٤ +	٨٠ = ٤٨ +	٣٢	الثالثة
(٤)^{٢} × ١٦ =	٢٥٦ =	١٤٤ +	١١٢ = ٨٠ +	٣٢	الرابعة
(٥)^{٢} × ١٦ =	٤٠٠ =	٢٥٦ +	١٤٤ = ١١٢ +	٣٢	الخامسة
(٦)^{٢} × ١٦ =	٥٧٦ =	٤٠٠ +	١٧٦ = ١٤٤ +	٣٢	السادسة
(٧)^{٢} × ١٦ =	٧٨٤ =	٥٧٦ +	٢٠٨ = ١٧٦ +	٣٢	السابعة
(٨)^{٢} × ١٦ =	١٠٢٤ =	٧٨٤ +	٢٤٠ = ٢٠٨ +	٣٢	الثامنة

وهلمَّ جرًّا الى آخره

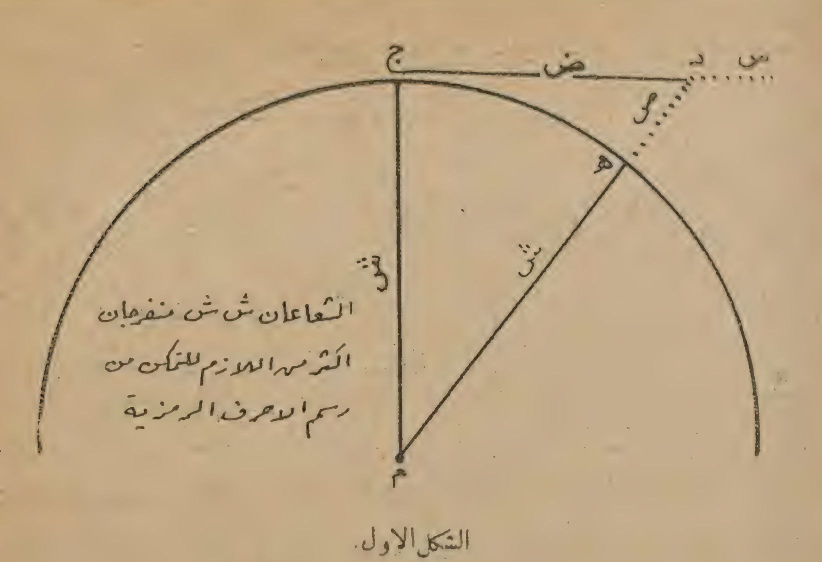
الملحق الثاني

قانون المسارعة الدورانية [1]

ذلك ناموس الأجسام الساقطة . ولكن الأجرام السائرة بسرعة وبقوة تعادل قوة الجاذبية لا تسقط سقوطاً وانما تنحني انحناءً نحو المركز فتدور حوله كالقمر حول الأرض. فاليك قانونه : —

في ما يلي اكتشاف النسبة الثابتة بين سرعة الجسم اللازم لفلك دورانه (أي مداره) حول المركز ومسافة بُعده عن المركز — أي النسبة التي تساوي انحناء الجسم في دورانه عن خط اتجاه انقذافه المستقيم كما يتضح من الرسم التالي :

(١) ملحق نبذة ٤ من الفصل الثاني



الشكل الاول

لنفرض أن الجسم عند ج مندفع بسرعة س (قل أمتار أو أميال أو ما تشاء) فاذا لم يكن ثمت سلطة أية قوة أخرى عليه سار في اتجاه اندفاعه بخط مستقيم الى د وإلى ما لا نهاية له .

ولكن إذا كان ثمت قوة أخرى مركزية كالنقطة م مثلاً (القوة الجاذبة) انحرف عن اتجاه ج د الى اتجاه ج هـ المنحني . وبدل أن يصل في ثانية الى د يصل في الثانية الى هـ . فكأنه هبط من مستوى ج د في القوس ج هـ بعد أن ابتعد عن ج قدر س (وهو مسافة ج هـ) السرعة بالثانية أمتاراً أو أميالاً . فما هي مسافة هبوطه في الثانية ؟ وبأي قيمة نعبر عنها ؟ .

لا وسيلة للتعبير عنها الا بقيمة النسبة الثابتة بين س (السرعة) و ش الشعاع نصف القطر أي مسافة بُعد ج عن المركز . فكم تساوي المسافة د هـ ؟ من هذه النسبة ؟ فلنرَ .

لا يخفى ان الخط ج د مماس للدائرة التي حول المركز — الدائرة التي يدور فيها . وخط المسافة من ج الى م هو الشعاع . فاذاً الخط ج د معامد للشعاع ج م والزاوية عند ج قائمة .

ارسم الوتر م د . وهو مؤلف من ش الشعاع والخط الآخر ص (المسافة بين (د هـ) وهي مسافة الهبوط . فلنا اذن مثلث قائم الزاوية ج م د

بحسب قضية فيثاغورس مربع وتر هذا المثلث يساوي مجموع مربعي ساقيه أي (ج د)

و (ج م) فلنعبر عن ج د بحرف واحد ض وعن ج م بحرف واحد هو ش، الشعاع. هكذا ·

$$(\text{ش} + \text{ص})^{٢} = \text{ض}^{٢} + \text{ش}^{٢} \quad \text{بالجبر}$$

$$\text{ش}^{٢} + ٢\,\text{ش ص} + \text{ص}^{٢} = \text{ض}^{٢} + \text{ش}^{٢}$$

احذف $\text{ش}^{٢}$ من الجانبين واستغنِ عن $\text{ص}^{٢}$ لأن قيمتها زهيدة جداً لا يعتدّ بها يبقى

$$٢\,\text{ش ص} = \text{ض}^{٢} \quad \text{أو}$$

$$\text{ص} = \frac{\text{ض}^{٢}}{٢\,\text{ش}} \quad (\text{معادلة } ٢)\,.$$

أي ان ص مسافة هبوطه من د الى ه تساوي مربع سرعته (من ج الى د) مقسوماً على مضاعف مسافة بعده عن المركز الذي استماله عن د الى ه .

وهو معلوم ان المسافة ض تقاس بالسرعة مضروبة بالوقت هكذا ض = س ث (معادلة ٣) بحيث ان س رمز السرعة . و ث رمز الوقت (الثانية او الثواني) .

وبما ان مسافة ص هي مقدار الهبوط المعبر عنها هكذا في المعادلة الاولى .

$$\text{ص} = \frac{\text{مس ث}^{٢}}{٢} \quad \text{معادلة } (٤)\,.$$

ضع في المعادلة الثانية قيمة ض التي في المعادلة الثالثة وقيمة ص التي في المعادلة ٤ يكن لك:—

$$\frac{\text{مس ث}^{٢}}{٢} = \frac{\text{س}^{٢}\ \text{ث}^{٢}}{٢\,\text{ش}} \quad \text{أو}$$

$$\text{مسافة الهبوط}\ \ \text{مس} = \frac{\text{س}^{٢}}{\text{ش}} \quad (\text{المعادلة } ٥)$$

الجاذبية علة المسارعة ولهذا اعتبرنا ج (الجاذبية) = مس

أي أن المسارعة التي هي نتيجة فعل قوتين إحداهما مركزية تساوي مربع السرعة الناتجة عنها مقسومة على مسافة البعد عن المركز . وبعبارة أخرى ان النسبة التي بين السرعة ومسافة البعد عن المركز (المساوية لمسافة الهبوط) هي مربع السرعة مقسومة على مسافة البعد .

هذه النسبة ثابتة Constant وبموجبها كلما بعد الجسم الدائر حول المركز صارت سرعته أقل . وكلما كان أقرب كانت سرعته أعظم بحيث تكون المسارعة دائماً مساوية $\frac{\text{س}^{٢}}{\text{ش}}$

فاذا اختلت هذه النسبة بحيث تفوق سرعة الجسم على مسافة بُعده شرد عن المركز. واذا قلت سرعته بالنسبة الى مسافة بعده هبط الى المركز . ومادامت هذه النسبة محفوظة فهو دائرٌ في مداره حول المركز الى الأبد .

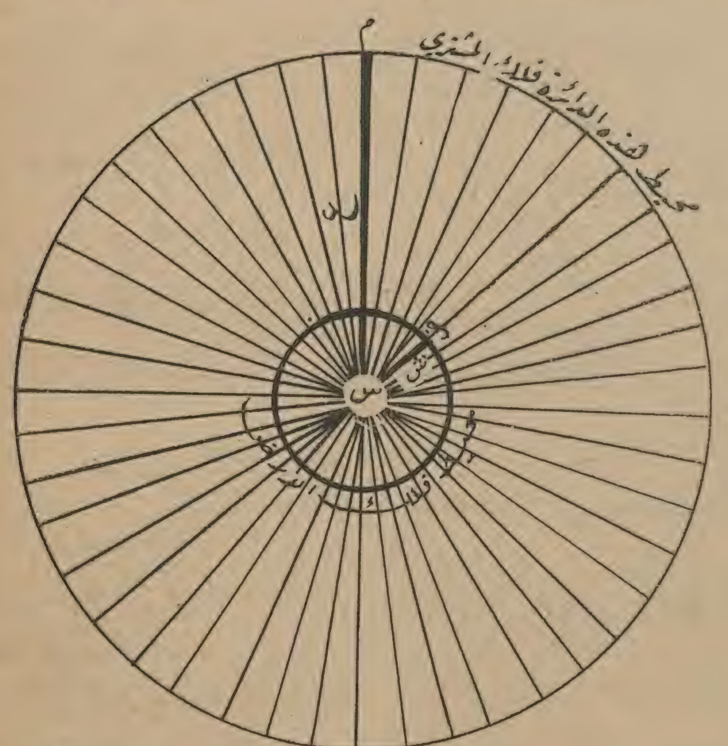
الملحق الثالث

قانون الجاذبية

(الملحق الثالث من الفصل الثاني)

قسم أول

اذا اعتبرنا الجو الجاذبي خطوط قوة منتشرة من المركز (مركز الشمس مثلاً) الى جميع الجهات بالتساوي فبالطبع يكون هذا الجو الجاذبي كثيفاً قرب المركز ولطيفاً كلما بعد عن المركز (كما ترى في الشكل الثاني) أي كلما كان أقرب الى المركز كان أقوى ، وكلما كان أبعد كان أضعف ، فالسيار الذي يدور حول الشمس في فلك مقرَّر انما هو سابح في سطح كرة وهمية من



الخطوط الصادرة من مركز الدائرة (الشمس) هي خطوط القوة (الجاذبية)

الشكل الثاني

هذا الجو على بُعد واحد من المركز تقريباً . وهو تحت سلطة من قوة الجذب في هذا الجو مناسبة لبعده عن المركز ، (أي نصف قطر تلك الكرة الوهمية التي نحن بصددها) فأينما كان السيَّار في سطح تلك الكرة الوهمية كان تحت فعل قدر واحد من قوة ذلك الجو الجاذبي .

مثال ذلك ض (في الشكل الثاني) الأرض تسبح حول س الشمس في خط غير معوّج على سطح كروي (والشكل قطاع الكرة) يبعد عن مركز الشمس بقدر الشعاع ش أي ض الى س ، وقوة الجاذبية منتشرة في ذلك السطح الكروي تساوي القوة موزعة على مساحة السطح الكروي (لا مساحة الدائرة) هكذا $\frac{\text{ق}}{\text{٤ ب ش}^{٢}}$

(حرف ب هنا هو (Π الحرف اليوناني باي) هو عبارة عن قسمة محيط أي دائرة على قطرها (الذي هو ٢ ش . أي مضاعف شعاعها) كما اصطلح عليه الرياضيون وهو يساوي $\frac{٢٢}{٧}$ تقريباً . وأما (٤ ب ش^{٢}) فهي مساحة سطح أية كرة كما هو معلوم عند الرياضيين) . وحرف (ق) عبارة عن قوة الجاذبية .

وكذلك م المشتري يسبح كالأرض حول الشمس في خط غير معوّج على سطح كروي يبعد عن مركز الشمس بقدر الشعاع ع . (اي الخط م س)

فلنرَ الآن نسبة جذب الشمس للمشتري الى جذبها للارض على اعتبار ان المشتري يبعد عن الشمس خمس مرات كبُعد الارض عنها تقريباً (وبالتحقيق يبعد ٢ ، ٥ مرات)

$$\text{ج}\,(\text{ض} \times \text{س}) = \frac{\text{ق}}{\text{٤ب ش}^{٢}} \quad \text{مساحة سطح الأرض} \quad (١)$$

$$\text{ج}\,(\text{م} \times \text{س}) = \frac{\text{ق}}{\text{٤ب ع}^{٢}} \quad \text{مساحة سطح المشتري} \quad (٢)$$

بحيث ان: ج رمز الجاذبية ـ س كتلة الشمس ـ ض كتلة الارض ـ م كتلة المشتري ـ ق قوة الجذب ـ ش مسافة بعد الأرض عن الشمس (أي شعاع فلك الأرض) ـ ع مسافة بعد المشتري عن الشمس (أي شعاع فلك المشتري)

ناسب بين المعادلتين (١) و (٢) أي اقسم الواحدة على الأخرى

$$\frac{\text{ج}\,(\text{ض} \times \text{س})}{\text{ج}\,(\text{م} \times \text{س})} = \frac{\frac{\text{ق}}{\text{٤ ب ش}^{٢}}}{\frac{\text{ق}}{\text{٤ ب ع}^{٢}}} \quad \text{أبسط}$$

$$\frac{(\text{ج})\ \text{ض}}{(\text{ج})\ \text{م}} = \frac{\frac{١}{\text{ش}^{٢}}}{\frac{١}{\text{ع}^{٢}}} = \frac{\text{ع}^{٢}}{\text{ش}^{٢}} \quad (٣)$$

أي نسبة جذب الارض الى جذب المشتري كنسبة مربع شعاع فلك المشتري الى مربع شعاع فلك الارض هكذا : ض : م : : ع^{٢} : ش^{٢} (٣)

فاذا كان شعاع فلك المشتري (أي مسافة بعده عن الشمس) ٥ مرات شعاع فلك الارض (أي مسافة بعد الأرض عن الشمس) فبحسب المعادلة (٣) لنا .

$$\frac{\text{جاذبية الشمس للارض}}{\text{جاذبية الشمس للمشتري}} = \frac{٥^{٢}}{١^{٢}} = \frac{٢٥}{١} \qquad \text{لأن ع} = ٥\ \text{ش}$$

أي ان جاذبية الشمس للارض ٢٥ مرة جاذبية الشمس للمشتري :

قسم تاسع

بقي علينا ان نبرهن نص نيوتن أي قوة الجاذبية $= \frac{\text{شمس} \times \text{ارض}}{\text{مربع المسافة بينهما}}$

من قوانين الطبيعيات ان القوة = تساوي كتلة الجسم مضروبة في مسافة الحركة أي قوة = كتلة $\times$ حركة . ومنها الحركة $= \frac{\text{القوة}}{\text{الكتلة}}$ أو بالرموز ش $= \frac{\text{ق}}{\text{ك}}$ باعتبار أن ش رمز مسافة الحركة وق رمز القوة وك رمز الكتلة

مثاله : قوة حصان يرفع جسماً وزنه ٥٠ رطلاً متراً واحداً في ثانية، أو جسماً وزنه ١٠٠ رطل خمسة أمتار بنفس الوقت . هكذا :

$$\text{قوة حصان} = ٥٠٠ \times ١ = ١٠٠ \times ٥ = ٥٠ \times ١٠\ \text{أو}\ ٥ = \frac{\text{قوة حصان}}{١٠٠}$$

بناءً على هذا القانون

(مسافة حركة الجاذبية أي سيرها من المركز الى المحيط وهو الشعاع ش) ش $= \frac{\text{قج}}{\text{ض}}$ أي $\frac{\text{قوة جذب الشمس للارض}}{\text{كتلة الارض (وزنها)}}$

ومثله شش $= \frac{\text{قج}}{\text{مي}}$ أي $\frac{\text{قوة جذب الشمس للمشتري}}{\text{كتلة المشتري (وزنه)}}$

ض تمثل كتلة الأرض — مي تمثل كتلة المشتري — ش تمثل بعد الأرض عن الشمس — شش تمثل بُعد المشتري عن الشمس — قج تمثل قوة الجاذبية

وبناء على هذا تكون معادلة الجاذبية السابقة (٣) هكذا : —

$$\frac{\text{قج}}{\text{ض}} : \frac{\text{قج}}{\text{مي}} :: \text{شش}^{٢} : \text{ش}^{٢} \quad (\text{قوة الجاذبية})$$

$$\text{ومنها} \quad \frac{\text{ش}^{٢}\,\text{قج}}{\text{ض}} = \frac{\text{شش}^{٢}\,\text{قج}}{\text{مي}} \qquad (٤)$$

***

ولكننا في هذه المعادلة لم نحسب حساب المسافة بين الأرض والمشتري لأن التجاذب ليس بينهما بل حسبناها بين كل منهما والشمس باعتبار أن الشمس المركز الذي يجذب كلاً منهما وكل منهما يجذبها .

وكذلك غضضنا النظر عن التجاذب الذي بينهما . واقتصرنا على نسبة كل منهما اليها . فاذا رمنا أن نحسب حساب هذا التجاذب كانت شم (كتلة الشمس) مركزاً بين جانبي هذه المعادلة هكذا :

$$\frac{\text{ش}^{٢}\,\text{قج}}{\text{ض}} = \text{شم} = \frac{\text{شش}^{٢}\,\text{قج}}{\text{مي}}$$

أي أن كتلة الشمس تقوم مقام كلٍّ منهما هكذا :

$\text{شم} = \frac{\text{ش}^{٢}\,\text{قج}}{\text{ض}}$ ومنها $\text{قج} = \frac{\text{شم} \times \text{ض}}{\text{ش}^{٢}}$ أي $= \frac{\text{الشمس} \times \text{الارض}}{\text{مربع البعد بينهما}}$ وهي معادلة قانون نيوتن كما تقدم نصها في أول الفصل الثالث .

بناءً عليه اذا ضرب كل من طرفي المعادلة (٤) بقيمة $\frac{١}{\text{شم}}$ (او اذا شئت $\frac{\text{قج}}{\text{شم}}$) هكذا.

$$\frac{\text{ش}^{٢}\,\text{قج}}{\text{ض}^{٣}} \times \frac{١}{\text{شم}} = \frac{\text{شش}^{٢}\,\text{قج}}{\text{مي}} \times \frac{١}{\text{شم}}$$

تصبح كما يجب أن تكون هكذا

$$\frac{\text{شم} \times \text{ض}}{\text{ش}^{٢}} = \frac{\text{شم} \times \text{مي}}{\text{شش}^{٢}} = \text{قج}$$

وهي معادلة نيوتن بعينها ،

يعني ان قوة الجاذبية تساوي حاصل ضرب كتلتي جرمين مقسوماً على مربع البعد بينهما أينما كانا وعلى أي بعد كانا (بقطع النظر عن تداخل جرم ثالث على مقربة من احدهما أو من كليهما) وهذا هو معنى تعميم قانون الجاذبية على جميع الأجرام .

قسم ٣

امتحان القانون

لم يذع نيوتن القانون إلاَّ بعد أن امتحنه بتطبيقه وقانون المسارعة المشروح في الملحق الثاني على التجاذب بين القمر والارض .

المعلوم ان نصف قطر الأرض ٣٩٥٦ ميلاً وقد علمنا من الملحق الأول ان الجسم يسقط على سطح الأرض بمعدل متوسط ١٦ قدماً بالثانية كل ثانية . فعلينا أن نعلم معدل هبوط القمر نحو مركز الأرض وهو يبعد عنه ٢٣٨٨٥٧ ميلاً . والمعلوم ان سرعة القمر في الثانية ٣٣٥٠ قدماً أو $\frac{٣٣٥٠}{٥٢٨٠}$ من الميل (الميل = ٥٢٨٠ قدماً) .

وعلمنا من قانون المسارعة أن مس = $\frac{س^٢}{ش}$ والمعدل الأوسط لِ مس في الثانية هو $\frac{١}{٢} \times \frac{س^٢}{ش}$ ابدل الأرقام بالحروف .

معدل مس = $\frac{١}{٢} \times \frac{(٣٣٥٠)^٢ \text{ السرعة}}{٢٣٨،٨٥٧ \times ٥٢٨٠} = \frac{٠،٠٠٨٩}{٢}$ = ٠،٠٠٤٤٥ من القدم = (٠،٠٥٣٤) قيراط وهو متوسط هبوط القمر نحو الأرض بالثانية ، هذا حسب قانون المسارعة

فلنرَ الآن هل الحساب حسب قانون الجاذبية يطابق الحساب حسب قانون المسارعة هذا ؟

اذا قسمنا متوسط هبوط أي جسم على سطح الارض على معدل هبوط القمر نحو الأرض هكذا $\frac{\text{١٦ قدماً}}{\text{٠،٠٠٤٤٥ قدم}}$ = ٣٦٣٢ يعني كان لنا مقدار هبوط الاجسام على الأرض ٣٦٣٢ مرة كمقدار هبوط القمر

وبعبارة أخرى كان مقدار جذب الأرض للأجسام التي على سطحها ٣٦٣٢ مرة كمقدار جذبها للقمر . فاذا كان قانون الجاذبية صحيحاً وجب أن يكون مربع مسافة بُعد القمر عن مركز الأرض اذا قسناه بنصف قطر الأرض مساوياً لهذا القدر « ٣٦٣٢ » . فكم هو بعد القمر عن الأرض بمقياس نصف قطرها ؟ أي كم في هذه المسافة من أنصاف قطر الأرض

اقسم المسافة (بين القمر ومركز الأرض) على نصف قطر الأرض هكذا : —

٢٣٨٨٥٧ مسافة بعد القمر عن مركز الارض ÷ ٣٩٥٦ نصف قطر الارض = ٦٠،٢٧

أي أن مسافة بعد القمر عن مركز الأرض تساوي نحو ٦٠ مرة وكسور كنصف قطر الأرض

ربع هذا العدد (٦٠،٢٧)^{2} = ٣٦٣٢

وهذا العدد هو نفس العدد الذي مرّ بنا سابقاً . أي هو عدد المرات لمقدار جذب الأرض للقمر اذا قيس بجذبها للاجسام على سطحها كما رأيت آنفاً .

إذن فناموس الجاذبية صحيح لانه مطابق لناموس المسارعة الذي عرف بالاختبار . وهو نتيجة الجاذبية .

لما خطر لنيوتن ناموس الجاذبية رام أن يمتحنه بما لهُ من المعلومات عن دوران القمر حول الأرض وعن ناموس المسارعة هذا الذي نحن بصدده فعمل العملية السابقة . وكان معروفاً حينئذٍ بعملية زاوية اختلاف النظر Parallax ان مسافة بُعد القمر عن مركز الأرض يساوي ٦٠ مرة نصف قطر الأرض .

وكان معلوماً حينئذٍ ان الدرجة من محيط الأرض ٦٠ ميلاً . فعلى هـذا الحساب يكون نصف قطر الأرض ٣٤٣٦ ميلاً وهو خلاف الحقيقة . والحقيقة هي انه ٣٩٥٦ . فلمّا عمل نيوتن حسابه لم تأتِ النتيجة مطابقة لقانون المسارعة القمرية بل جاءت ٠،٠٤٤ من القيراط بدل ٠،٠٥٣٤ كما أبنّا آنفاً . فلم يأخذه الغرور لكي يتسامح بهذا الفرق واعتبر ان نظريته خطأ . فعدل عنها من غير أن يفوه بكلمة عنها .

بعد ست سنين بلغ اليه أن بيكارد الفرنساوي قاس قوساً من الطول في فرنسا فوجد أن الدرجة تساوي ٦٩½ ميل (لا ٦٠ كما كان يظن) وان نصف القطر اذن ٣٩٥٦ (لا ٣٤٣٦ كما كان يُظن قبلاً) فأسرع نيوتن الى اعادة عمليته على اعتبار تصحيح نصف القطر .

ويقال أنه لشدة انفعاله لم يتمالك أن يعمل العملية الحسابية بنفسه ـ فكلف صديقاً له أن يسرع بعملها . فجاءت النتيجة نجاحاً باهراً . وثمّ أذاع نظريته

الملحق الرابع

قانون كبلر الثالث

ملحق لـ (٢) من الفصل الثاني

قانون كبلر : نسبة مربع المدة التي يقضيها السيار الواحد من حول الشمس الى مكعب مسافة بعده عن الشمس كنسبة مربع مدة أي سيار آخر الى مكعب مسافة بعده . هكذا : —

ت^{٢} : تت^{٢} : ش^{٣} : شش^{٣}

باعتبار ان ت مدة دوران الجرم الواحد وتت مدة دوران الجرم الآخر . وش بُعد الأول وشش بُعد الثاني عن الشمس

مثال ذلك نصف قطر فلك الأرض ش (مقياس فلكي واحد) ، ونصف قطر فلك المشتري ٥،٢ خمس مقاييس فلكية وعُشرين .

(اصطلح الفلكيون على اعتبار مسافة بُعد الأرض عن الشمس مقياساً فلكياً واحداً أي متراً أو ذراعاً فلكيًّا . وسائر أبعاد السيارات تحسب بهذا المقياس (انظر ايضاً ٤ من الفصل الرابع)

فبهذا المقياس يبعد المشتري عن الشمس خمس مرات وعُشرين كبُعد الأرض والمشتري يتم دورته «تت» في ١١،٨٦ سنة أرضية والارض تتم دورتها في سنة واحدة. فبناءً على معادلة كبلر ابدل الارقام بالرموز هكذا : —

١^{٢} : (١١،٨٦)^{٢} : : ١^{٣} : (٥،٢)^{٣} بالبسط

$$\frac{١}{١٤٠٤٦} = \frac{١}{١٤٠٤٤}$$ متساويان تقريباً

على هذا النحو يمكن القارىء أن يمتحن المعادلة في جميع السيارات فلا يجد فيها الاَّ خللاً زهيداً بسبب ان بعض الأرقام المحصاة تقريبية .

وبواسطة هذه المعادلة تستطيع ان تستخرج أي ضلع واحد مجهول فيها اذا كنت تعلم الأضلاع الثلاثة الأخرى مثال ذلك :

نبتون يبعد عن الشمس ٣٠ مرة كبعد الأرض تقريباً فكم مدة دورته ؟

$$\text{ت}^{٢} : \text{تت}^{٢} :: \text{ش}^{٣} : \text{شش}^{٣}$$

$$\text{ا}^{٢} : \text{ك}^{٢} = \text{١}^{٣} : (\text{٣٠})^{٣}$$

$$\text{ك} = \sqrt{\text{٢٧٠٠٠}} = \text{١٦٤} \ \overset{\text{سنة}}{\text{سنة}}$$

سنة تقريباً مدة دورة نبتون

وافرض اننا نعرف مدة دورة المريخ ١،٨٨ سنة . فكم بعده عن الشمس

$$\text{ا}^{٢} : (\text{١،٨٨})^{٢} = \text{ا}^{٣} : \text{ك}^{٣}$$

$$\text{ك} = \sqrt[٣]{(\text{١،٨٨})^{٢}} = \text{١،٥٢}$$

بُعده بالمقياس الفلكي

استخراج قانون الجاذبية

من معادلة كبلر

معلوم أن محيط الدائرة (الفلك) يساوي ٢ ش ب باعتبار أن ب = محيط الدائرة مقسوماً على القطر أي $\frac{٢٢}{٧}$ كما تقدم القول سابقاً

ومعلوم ايضاً ان الوقت ت يساوي المسافة مقسومة على السرعة فاذاً .

$$\text{ت} = \frac{\text{٢ ش ب}}{\text{س}} \quad \text{للسيار الواحد}$$

$$\text{تت} = \frac{\text{٢ شش ب}}{\text{سس}} \quad \text{للسيار الآخر}$$

ت رمز للوقت الواحد . وتت للوقت الآخر .
و ش بُعد الواحد وشش بُعد الآخر .
س سرعة الواحد وسس سرعة الآخر.
فاذا وضعنا القيمتين الآنفتين بدل ت وتت في معادلة كبلر كان لنا .

$$\frac{\text{٤ ش}^{٢}\text{ب}^{٢}}{\text{س}^{٢}} : \frac{\text{٤ شش}^{٢}\text{ب}^{٢}}{\text{سس}^{٢}} = \text{ش}^{٣} : \text{شش}^{٣}$$

بالبسط لنا

$$\frac{\text{١}}{\text{س}^{٢}} : \frac{\text{١}}{\text{سس}^{٢}} = \text{ش} : \text{شش}$$

أو $\frac{\text{س}^{٢}}{\text{سس}^{٢}} = \frac{\text{شش}}{\text{ش}}$ (معادلة اولى)

وبحسب قانون المسارعة الدوراني الذي شرحناه في الملحق الثاني : —

المسارعة (أي قوة الجاذبية في فلك الارض) $\text{ج} = \frac{\text{س}^{٢}}{\text{ش}}$ او $\text{ج ش} = \text{س}^{٢}$

وقوة الجاذبية في فلك المشتري $\text{قج} = \frac{\text{سس}^{٢}}{\text{شش}}$ او $\text{قج شش} = \text{سس}^{٢}$

ناسب بين هاتين المعادلتين أي اقسم الواحدة على الأخرى .

$$\frac{\text{ج ش}}{\text{قج شش}} = \frac{\text{س}^{٢}}{\text{سس}^{٢}}$$

عبارة $\frac{\text{س}^{٢}}{\text{سس}^{٢}}$ الواردة هنا وردت أيضاً في المعادلة السابقة الأولى فعادل بينهما هكذا :

$$\frac{\text{ج ش}}{\text{قج شش}} = \frac{\text{شش}}{\text{ش}}$$

وبالجبر $\frac{\text{ج}}{\text{قج}} = \frac{\text{شش}^{٢}}{\text{ش}^{٢}}$

وهذه هي معادلة قانون الجاذبية بعينها

يمكن استخراج معادلة كبلر أيضاً من معادلة قانون الجاذبية . ولا محل هنا لهذا .

الملحق الخامس

التناسب بين السرعة والبعد

في عملية استخراج معادلة قانون الجاذبية من معادلة كبلر ظهرت أمامنا المعادلة الأولى هذه

$$\frac{\text{س}^{٢}}{\text{سس}^{٢}} = \frac{\text{شش}}{\text{ش}} \qquad (٢)$$

وفحواها أن نسبة مربع سرعة السيار الواحد الى مربع سرعة السيار الآخر كنسبة بعد الثاني الى بعد الأول

أو $\text{س}^{٢} \times \text{ش} = \text{سس}^{٢} \times \text{شش}$ (٣)

أي حاصل ضرب مربع سرعة الواحد بمسافة بعده كحاصل ضرب مربع سرعة الآخر بمسافة بعده .

مثال ذلك :— الأرض بعدها مقياس واحد وسرعتها ١٨٫٥

$$\text{(١٨٫٥)}^{٢} \times \text{١} = \text{٣٤٢}$$

وزحل بعده ٩٫٥٣٨٨ مقاييس وسرعته ٦ أميال

$\text{٦}^{٢} \times \text{٩٫٥٣٨٨} = \text{٣٤٢}$ عدد ثابت بناءً على المعادلة الثانية أو المعادلة الثالثة لا فرق.

$$\frac{\text{س}^{٢}}{\text{مس}^{٢}} = \frac{\text{شش}}{\text{ش}}$$

تستطيع أن تستخرج أي ضلع مجهول : افرض انك تجهل بعد المريخ وأنت تعرف سرعته ١٥ ميلاً بالثانية وتعرف سرعة الأرض ١٨٫٥ ميلاً ، فلك

$$\frac{\text{(١٨٫٥)}^{٢}}{\text{(١٥)}^{٢}} = \frac{\text{ك}}{\text{١}} = \text{١٫٥٢ مقياس فلكي}$$

الملحق السادس

ملحق لآخر (٤) من الفصل الثاني

اذا قذفت جسماً عن سطح الأرض قذفاً أفقيـاً لـكي يستمر دائراً حول الأرض على مقربة من سطحها كأنه قمر آخر لها قريب منها . فـكم يجب ان تكون سرعته لـكيلا يقع عليها ولا يشرد عنها

علمنا أن مسارعة أي جسم على الأرض ١٦ قدماً بالثانية كل ثانية . بحسب معادلة قانون المسارعة في الملحق الثاني أي $\text{مس} = \frac{\text{س}^{٢}}{\text{ش}}$ بحيث ان س السرعة، ش البعد عن المركز، لنا

$$\text{(مس)} = \text{١٦ قدماً} = \frac{\text{١}}{\text{٢}} \times \frac{\text{س}^{٢}}{\text{٣٩٥٦ نصف قطر الارض بالاميال}}$$

$$\text{س}^{٢} = \text{١٦} \times \text{٢٠٩٥٠٠٠٠ بالأقدام}$$

$$\text{س} = \text{٢٥٨٨٠ قدماً}$$

$$\text{س} = \text{٤٫٩ أميال}$$